

عند الكائنات الحية



الدكتور المهندس

أكرم إبراهيم شحيدة

غرائب السلوك
عند الكائنات الحية



الدكتور المهندس

أكرم إبراهيم شحيدة

غرائب السلوك عند الكائنات الحية

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

(أَو لَم يَرَ الّذِينَ كَفَرُوا أنَّ السَّمَاوَاتِ وَالأَرْضَ كَانَتَا رَتْقاً فَفَتَقْنَاهُمَا وَجَعَلْنَا مِنَ المَاءِ كُلَّ شَيءٍ حَيٍّ أَفَلاَ يُؤْمِنُونَ) – الأنبياء 30

(إنَّ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالأَرْضِ واخْتِلاَفِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ وَالفُلْكِ الَّتيْ تَجْرِي فِي البَحْرِ بِمَا يَنْفَعُ النَّاسَ وَمَا أَنْزَلَ اللَّهُ مِنَ السَّمَاءِ مِنْ مَاءٍ فَأَحْيَا بِهِ الأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَبَثَّ فِيْهَا مِنْ كُلِّ دَابَّةٍ وَتَصْرِيفَ الرِّيَاحِ وَالسَّحَابِ المُسَخَّرِ بَيْنَ السَّمَاءِ وَالأَرْضِ لآَيَاتٌ لِقَوْمٍ يَعْقِلُونَ) – البقرة 164

الفهرس

إهـــداء

إلـى زوجـتي الغاليـة .. التـي كانـت عنوانـاً للتضـحية والوفـاء .. للوصـول إلـى تحقيق طموحاتي التي لا تنتهي.

إلـى أولادي .. زينـب .. الحسـن .. لجـين .. تـذكيراً لهـم أنّ المعرفـة كانـت ومـا تزال وستبقى إلى الأبد العنوان الأسمى في الحياة.

إلى عائلتي الكبيرة وأصدقائي الذين ما توقّفوا يوماً عن تشجيعي ودعمي لثقتهم بي أنّي قادر على العطاء والحبّ.

إلى كلّ الباحثين عن المعرفة لإنارة شمعة بدلاً من أن يلعنوا الظلام.

تَقْــديم

تعود فكرة تأليف هذا الكتاب إلى أكثر من خمسة عشر عاماً مضت. ورغم انتهائي من جمع وإعداد مادّته العلمية منذ أكثر من عشر سنوات، إلاّ أنّي وبسبب انشغالي وتعدّد اهتماماتي، لم يرَ النّور إلاّ في هذه الفترة. ورغم أنّ موضوع الكتاب ليس ضمن اختصاصي العلميّ الدقيق، إلاّ أنّه يدخل في إطار اختصاصي العلميّ العام. لقد أثار اهتمامي منذ بدايات قراءتي، التنظيم الدقيق الذي تعيشه الكائنات الحيّة على اختلاف درجاتها التطوّرية، بَدءاً بالكائنات الحيّة الدقيقة، مُروراً بالكائنات الأكثر تطوّراً وانتهاءً بالكائنات الأعلى في سلّم التطوّر.

إنّ الغِنى في تنّوع الكائنات الحيّة التي تعيش على كوكبنا، هو ثمرة ملايين من سنوات التطّور التاريخيّ الطبيعيّ، ولا يعرف أحد بشكل دقيق عدد هذه الكائنات الحيّة التي تشارك الإنسان حياته على سطح البسيطة، حيث يتمّ اكتشاف أنواع جديدة من فترة إلى إخرى. وقد أمكن للعلماء التعرّف على 1,4 مليون نوع، بَيْدَ أنّهم يعتقدون أنّ العدد يصل إلى 80 مليوناً.

تستخدم هذه الكائنات الحيّة بعددها اللامتناهي أساليباً مختلفةً ومتنوعةً، لدرجة لا يمكن أن تخطر على بال، في تأمين مصادر طعامها، وفي تكاثرها وطقوس هذا التكاثر المعقّدة لضمان البقاء واستمرار الحياة. وكذلك في اختيار أماكن سُكْناها فوق الأرض وتحتها، وفي المياه وشروط هذا الاختيار ومدلولاته، والغريزة التي تلعب دوراً كبيراً في ذلك، إضافة إلى الخبرة المكتسبة من تجارب حياتها، وكذلك الموضوع الهامّ أيضاً هو كيفية تغذّي هذه الكائنات، والأساليب التي تستخدمها في اقتناص فرائسها، والأساليب والوسائل الدفاعيّة التي تستخدمها لِدَرْء الخطر الذي يمكن أن تتعرّض له من قِبَل الكائنات الأخرى، وكذلك وسائل الاتّصال بينها من بصريّة وضوئيّة وكيميائيّة وغيرها، والتي طوّرتها عبر الدّهور والسنين والأيّام.

فالعادات المختلفة التي تُبديها الكائنات الحيّة خلال حياتها اليومية (تغذّي – نوم – لعب – قتال .. إلخ)، أو خلال المناسبات والأحداث الهامّة (دفاع – سُبات – تكاثر .. إلخ)، تُظهر أنّ هذه الكائنات تتصرّف بِدَافِع من الغريزة في معظم تصرّفاتها، وكأنّها مُبَرمَجة مسبقاً للقيام بذلك. كما أنّ قدرة هذه الكائنات الحيّة على التعلّم من التجارب التي تمرّ بها، تُقدّم دليلاً هامّاً على أنّها تملك ضمن برنامجها هذا فُسحةً هامّة كي تتأقلم مع الأوضاع الجديدة التي تنشأ بين الفينة والأخرى.

ولا بدّ لنا من الإعجاب بهذه الأساليب التقنية ذات الكفاءة العالية، التي طوّرتها الكائنات الحيّة للتأقلم والتكيّف مع التغيّرات المختلفة للطبيعة، سواء كانت تغيّرات تدريجيّة أو كارثيّة أحياناً (حالة انقراض الديناصورات). إنّ قدرة هذه الكائنات على التأقلم مع الظروف المختلفة والتعلّم من التجارب التي تمرّ فيها، لا يُضفي عليها صفة العقل، لكّنها تسير وفق ما خُلقت له ضمن برنامج كونيّ منظّم.

ولا بدّ أنّ كلاًّ منّا في أيّام طفولته أو مراهقته أو شبابه أو خلال حياته، قد لاحظ سلوك بعض الكائنات المحيطة به. فكلّنا صادف النمل وكيف يعمل.. وكلّنا راقب النحل وكيف يطير ويلفّ ويدور حول الخليّة أو يحطّ على الأزهار .. وبعضنا تعرّض للسعة نحلة عن طريق الخطأ. وبعضنا الآخر كانت له الفرصة أن يربّي عصفوراً أو أرنباً أو قطّة .. إلخ، ويُمكن إذا ما سألته أن يُخبرك عن بعض الملاحظات التي يتذكّرها عن سلوك هذا الكائن أو ذاك، ولرأيت أنّ كلاًّ منّا قد كوّن خبرته الخاصّة.

لقد حاولتُ في هذا الكتاب أن أقدّم المعلومة بأسلوب علميّ بسيط سهل موثّق، مع وجود العديد من الكلمات باللّغة الأجنبية عند الحاجة إلى ذلك. وهذا الكتاب موجّه بشكل أساسيّ إلى القارىء المثقّف غير المتخصّص، علماً أنّ المتخصّص سيتذكّر أيضاً بعض المعلومات التي مرّت معه سابقاً بشكل متفرّق هنا أو هناك.

وفي النهاية، أرجو أن أكون قد وُفّقت في تسليط الضوء على بعض ما يكتنف عالم الكائنات الحيّة من أسرار غريبة وغير مألوفة. والله ولي التوفيق.

دمشق، 2011 **الدكتور المهندس أكرم شحيدة**

الفصــل الأول

التَطَفُّـــلُ وَالقَرْصَنَـةُ

التطفّـل والقرصنــة

قد يفاجأ الكثير منكم إذا عَلِم بأنّ التطفّل هو عادة منتشرة بكثرة في عالم الحيوان والنبات أكثر منه بكثير في عالم البشر. وقد تفاجأون أكثر، إذا علمتم بأنّ ما عُرِف عن القراصنة من البشر ليس إلاّ النذر اليسير مما هو موجود في عالم الحيوان والنبات، والتي سبقت البشر بفترة طويلة من السنين.

فإذا ما أمعنّا النظر في عالم الحشرات، نجد أنّ هناك عدداً من أنواع **النحل الانفرادي** الذي لا يبني لنفسه عشّـاً، وإنّما يعيش متطفّلاً في أعشاش غيره من الأنواع، كما هو الحال في بعض الطيور **كطائر الكوكو /الوقواق**/ الذي يضع بيضه في أعشاش الطيور الأخرى.

وهذا النحل المتطفّل يتميّز بقلّة شعر الجسم، وتلزمُهُ التحوّرات الخاصّة المُعَدّة لجمع حبوب اللّقاح. ومثال ذلك**: النحل الأسود، والنحل الأصفر** من جنس **نومادا،** فإنّهما يضعان بيضهما في أعشاش النحل المعروف **أندرينا** وتتغذّى يرقاتهما بغذاء يرقات العائل، فتجوع هذه الأخيرة وينتهي بها الأمر إلى الهلاك.

وكذلك يتطفّل جنس **النحل** المسمّى **ستبلس** على نوع من جنس **أوزميا** كمضيف له ويضع بيضه تجاه القاع ـ حيث يخزّن الغذاء في الخلايا ـ قبل أن يضع العائل بيضه فوق هذا الغذاء. وتتغذّى يرقات كلّ من الطفيل والعائل، حتى إذا ما أشرف الزاد على النفاذ، هاجمت يرقات الطفيل يرقات العائل أي **الأوزميا** والتهمتها.

وقد يعيش النحل الانفرادي متجاوراً، أي تبني النحلة بيتها ملاصقاً لبيت نحلة أخرى، ويتكوّن من المجموع شبه مستعمرة واحدة. ويلاحظ أنّ هذا عبارة عن تدرّج نحو الحياة الاجتماعية التي يحياها بعض أنواع نحل العسل.

وهناك نوع من التطفّل غير المباشر وهو السرقة. فعند انقطاع الرحيق من الحقول أو عند وضع مادة سكّرية في المَنْحَل أو في الأماكن التي تُجاوره، يهجم النحل على الطوائف الضعيفة منه لسرقة العسل منها. لذلك ينبغي ألاّ تُتْرك آثار من المحلول السكّري - أثناء التغذية - على أسطح الخلايا، أو تُترك إطارات محمّلة بالعسل بجوار الخلية عند الفحص وبخاصة عند انقطاع الرحيق من الحقل.

وكثيراً ما يتطفل على عشّ **النحل الزفّاف (بمبل)** جنس النحل المسمّى (**بسيثيروس**). وتتطفّل أنواع هذا الجنس على نوع واحد من الجنس الأول، هو نوع (**بمبوس**)، حيث يتشابه إلى درجة كبيرة لون الجنس الطفيلي وشكله وحجمه لون النحل العائل وحجمه، ولا يملك هذا النحل طوائف من الشغالات. ودلّت المشاهدة على أنّ هذا النحل المتطفّل يلدغ ملكة (**البمبوس**) حتى تموت، ويغتصب عرشها في العشّ. وتربيّ شغالات البمبوس الغافلة نسل النحل المتطفّل مع العدد المتناقص من حضنتها حتى تصبح أعداد النحل المتطفّل هي السائدة في النهاية.

ومع أنّ معظم الحشرات تحبّ الاختباء طلباً للسكون والراحة والأمان أكثر منه بحثاً عن الطعام، فإنّ هناك حشرات على النقيض من ذلك، تحبّ أن تعرض نفسها من خلال التطفّل على جيرانها وذلك باغتصاب مظهرهم. فهناك أنواع من **البقّ** يلجأ إلى تمويه نفسه كالنمل ويختلط به ويسرق طعامه، حيث يقوم بإفراز رائحة النمل نفسه كي لا يتعرّف النمل عليه ويقوم بطرده، لأنّ الرائحة هي من أهمّ الوسائل التي يستخدمها النمل للتعرّف على الغرباء. ومن المعروف أنّ أنواعاً من **النمل** تربيّ **قمل النبات** (حشرات المن) لإفرازاته السكّرية، فيقوم هذا **البقّ** المتطفّل بالتغذّي على هذه القملات الصغيرة تحت بصر أصحاب البيت، ودون أن يتنبّه إليه أحد.

كما أنّ هناك نوعاً من الحشرات يقلّد مظهر **الخنافس المغمدة الأجنحة** تماماً، وينتظر الفرصة المناسبة لقذف لعابه عليها ويحيلها إلى كتلة لزجة تمهيداً لتناولها

وهضمها. كما أنّ **عنكبوت بولا** يُفرز مادّة جاذبة شبيهة بالمادّة التي تُفرزها بعض الفراشات، حيث تأتي الفراشات المخدوعة إلى حتفها.

وهذه الطريقة التي تستخدمها **عنكبوت بولا** ربما من عشرات بل مئات آلاف السنين، يستخدمها الإنسان اليوم ضمن مكافحة الآفات الضارة بالمحاصيل الزراعية، حيث يضع موادّ جنسية جاذبة للإناث في أقفاص خاصّة تكون مجهّزة بمادّة لاصقة، فتعلق الإناث وتلقى حتفها. ومن هنا نرى أنّ عبقرية الحياة وعبقرية الخلق، أقدم بكثير من عبقرية الإنسان وحضارته.

وقد بلغت طبيعة النهب والسلب ذروتها في **النمل الزحّاف**، فهذه الكائنات المخيفة الرهيبة بغرائزها المدمّرة المخرّبة ودوام ترحالها، وضخامة أعدادها في حشودها ومجموعها تعيد إلى ذهن الإنسان غارات التتار مما يرويه التاريخ. لكنّ الاختلافات الجوهرية بين الإنسان والحشرات تبدو هنا جليّة واضحة، فمعظم المغول الرحّل كان باستطاعتهم أن يستقرّوا في المدن التي اكتسحوها وأن يعيشوا فيها عيشة متحضرة راسخة، لكنّ **النمل الزحّاف** مجبول بصفة دائمة على أسلوبه في الحياة ومنساق إليها بعوامل وراثية قاسية لا مرونة فيها. فوحشية هذا النمل ودوام ترحاله طبائع متأصّلة ثابتة، وتتميّز جولاته بأنّها غزوات همجية بربرية لا حدّ لها.

ومما يزيد في خطورة هذا النمل على الإنسان والحيوان، أنّ ما يتميّز به من انعدام الرؤية يجعله أشدّ مجازفةً واندفاعاً، مع أنّ النمل يستعيض عن الإبصار بحاسة الشمّ عموماً. ويتميز هذا النمل بتعدّد أشكال أفراده، حيث يهاجم الجنود الأشدّاء أكبر الفرائس حتى لا تسلم منها الخيل والماشية إذا علقت ولم تستطع منها فكاكاً، ثم تقتلها وتجعلها في متناول غيرها. والأفراد الصغار بدورهم متوحشون شرسون يهاجمون المخلوقات الصغيرة ولا يدعون لها مجالاً للنجاة والهروب.

وهناك أنواع من النمل يسمّى **بالنمل جالب العبيد أو الرقيق** الذي يقوم بالإغارة على مساكن أنواع من أقربائه سعياً وراء سرقة العذارى لتربيتها واتخاذها عبيداً أو رقيقاً. و**نمل الأمازون** جالب العبيد المعروف باسم **يولرجس** يتحشّد في صفوف متراصّة كثيفة، وقد يبلغ طول مثل هذه الصفوف أربعة أمتار ونصف وعرضه خمسة عشر سنتمتراً، ومتوسّط سرعة زحف حشوده خمس وسبعون سنتمتراً في الدقيقة الواحدة. وتبذل طلائع هذا الجيش الجرّار من النمل جهداً كبيراً للاهتداء إلى مواقع الأنواع الأخرى عن طريق الشمّ، والتي تجلب منها العبيد. ومتى اهتدت إليها، اندفعت وتقدّمت في هجومها إلى الأمام. فبعض الأفراد المعتدى عليها يطير فوراً ناجياً بحياته، والبعض الآخر يقاوم بشدّة وضراوة.

لكنّ العادة هي أن تضطّر إلى الفرار حاملة معها أكبر عدد من اليرقات والعذارى لإنقاذها، ثم تعود بدورها فتطارد نمل الأمازون المُغير عند انسحابه في محاولة لاسترداد بعض الغنيمة. وقد روقبت إحدى مستعمرات نمل الأمازون يومياً لمدّة شهر واحد، فلوحظ خروج أربعة وأربعون حملة صغيرة، منها ثمانية وعشرون كُلّلت بغار النصر والظّفر، وتسعٌ منها بقليل من العذارى، وسبعٌ باءت بالفشل الذريع.

وهناك أنواع من **النمل الصغير الحجم** يعيش معيشة قطّاع الطرق في مساكن تقع على دروب نمل آخر، حيث ينقضّ على الشغّالات العائدة إلى مساكنها ويختطف منها الطعام الذي تحمله. والنمل الذي يتعرّض لهذه القرصنة لا يدافع عن نفسه **!؟** ولا يُعرَف على وجه الدّقة السبب الذي لا يدفع الضحايا من هذا النمل إلى الدفاع عن نفسه.

كما أنّ هناك نوعاً آخر **حجمه صغير جداً** يحترف اللصوصية بصفة دائمة ويبني مساكنه في نفس جدران النمل الكبير أو **النمل الأبيض** المعروف **بالأرضة**. ويقوم هذا النمل اللصّ بعمل مسالك ضيّقة تصل بين أروقته وأروقة الضحايا. وهذه

المسالك من الضيق بحيث لا تسمح إلاّ بمرور هؤلاء اللصوص، ولا تتّسع لمرور جيرانها كبار الحجم لردّ الزيارة وأخذ الثأر منها.

ولا تتردّد بعض **الطيور** في ممارسة القرصنة والاختطاف. **فالعقاب الأصلع** غالباً ما يتصيّد **العقاب المنسوري** أثناء عودته إلى عشّه ومعه سمكة، فيدفعه بما له من قوّة وسرعة على الهروب والتخلّي عن صيده، حيث يُسرع نحوه فيلتقط الصيد قبل أن يصل إلى الماء. كذلك تهاجم **الفرقاطات**، طيور الأعشاش عند عودتها من الصيد في البحر، وتجبرها على تفريغ ما ابتلعته من صيد. وبالمثل تحيا عائلة بأكملها من طيور تشبه النوارس وتعرف **بالكراكر**، على ما تسلبه أثناء غاراتها على النوارس والخطاطيف البحرية.

ويختصر **البطّ الصواي** الطريق في الحصول على الغذاء، وذلك لعدم قدرته على الغطس بنفس القدرة التي يغطس بها **البطّ خيشي الظهر**، فينتظره حتى يطفو وفمه مليء بالكرفس البرّي، وينقضّ عليه ويخطف ما في فمه من غذاء.

وتتّخذ **النوارس الضاحكة** نفس الأسلوب مع **البجع البنّي**، حينما يطفو وجُراب فمه مليء بالأسماك، حيث تنتهز النوارس فرصة تصفية البجع لما في جرابه من ماء، وتختطف نصيبها من الأسماك. ويتطفل نحو 80 نوعاً من الطيور المنتمية إلى عدّة عائلات عند وضع البيض. فهي تضع بيضها في أعشاش ليست مُلكها، تاركة رعاية صغارها لمضيفتها. ويتطفّل جزئياً عدد من أنواع أخرى، فهي تبني عشّها الخاصّ وترعى صغارها، لكنّها في بعض الأحيان تضع بيضها في عشٍّ آخر. ويوجد أكبر عدد من هذه الطفيليات (الاختيارية) بين **البطّ**، حيث يضع أكثر من 20 نوعاً منها، أحياناً على الأقلّ، البيض في أعشاش جيرانها، ويفعل ذلك في معظم الأحيان، نوع واحد **أحمر الرأس** موجود في أمريكا الشمالية.

ولقد سجّل ميلتون ويلر M.Willer أنّ 13 بطّة مختلفة من نوع **أحمر الرأس** وضعت بيضها في عشّ واحد. ووجد حوالي 87 بيضة في كومة من التراب. ويعتقد أنّ **البطّ أسود الرأس** الموجود في أمريكا الجنوبية، هو البطّ الوحيد المتطفّل كليّة، لعدم وجود أيّ عشّ له. فلم يوجد بيضهُ في سلال البوص (قصب الماء) لبطّ آخر فقط، ولكن أيضاً في أعشاش **طير النورس وأبي قردان** وحتى **طيور شيمنجو** (وهي طيور صغيرة جَارحة).

وظاهرة التطفّل على أعشاش الغير (بشكل غير متعمّد) كثيراً ما تلاحَظ في الضفة الغربية من خليج هدسن بكندا. فهناك تقوم قرابة المئة ألف من طيور **الإوز الأزرق** بحياكة أعشاشها في ربيع كلّ عام. ونتيجة لذلك، تبقى بعض الأراضي مغطاة بالثلوج التي لم تذب بكاملها.

وحين يرى **الإوزّ الكندي** نفسه مشرّداً بلا بيت أوعش، فإنه يضع بيضه في أعشاش بطّ ناعم الزغب اسمه **العيدر** أو **الإوزّ الأزرق**. أمّا **العيدر** فقد يضع بيضه في أعشاش **الإوزّ الكندي**. ويقوم **الحجل الأبيض** بوضع بيضه في أعشاش **الإوزّ الأزرق**. والبيض الذي يضعه الطير في عشّ الغير سيموت حتماً. ولا يُستثنى من هذه القاعدة سوى بيض **الإوزّ الكندي والإوزّ الأزرق**، حيث تستطيع هذه الطيور إطعام فراخ بعضها البعض (حتماً بسبب التشابه الكبير في شكل ولون البيض).

وبديهي أنّ التطفّل غير المتعمّد لا يبعد عن التطفل المتعمّد سوى خطوة واحدة. **فالبطّة ذات الرأس الأسود** التي تعيش في مناطق أمريكا الجنوبية، لم تتذكّر شيئاً عن الحياة العائلية، فكفّت تماماً عن حبك الأعشاش. وتقوم هذه البطّة بوضع بيضها في أي عشّ يقع عليه بصرها، دون أن تُبدي أدنى اهتمام بمصير أطفالها أو حتى أن تفكر ما إذا كان أصحاب هذا العش سيستطيعون إعالة فراخها، أم أنّهم سيُهملونها ويتركونها تحت رحمة القدر. والشيء الوحيد الذي ينقذ البطّة ذات

الرأس الأسود من الانقراض، هو قابليتها على وضع عدد كبير جدّاً من البيض، عسى أن يبقى على قيد الحياة ولو عدد قليل جدّاً من الفراخ الناقفة.

وأشهر الطيور المتطفّلة هو طير **الوقواق** الموجود في أوراسيا (أوروبا وآسيا) وأفريقيا، فهو يتطفّل على ما يزيد على 300 نوع من الطيور، ولذلك فهو يسمّى **بسيّد العاثرين على العش**.

ولإيجاد مكان له في عشّ صغير، فإنّ فرخ الوقواق يتلوّى ويزاحم، حتى يُلقي أقرانه من الفراخ أو البيض غير الناقف إلى الخارج. ويؤكّد عالما بحوث الطيور إدجار تشاتس E. Chatts وستيوارت بيكر S. Bicker، أنّ طير الوقواق الذي يضع بيضه في أعشاش الطيور الأخرى، يعلم بالغريزة أنّ بيضه يتشابه بدرجة مذهلة مع بيض المضيفين حتى في اللون. وقد يتأثّر بعشّ أبيه في التربية، فيحمل الطير هذا الأثر طيلة حياته. وقد تضع سلالة من طير الوقواق بيضها في أعشاش طيور **جشنة المراعي**، وقد تتّجه سلالة أخرى إلى أعشاش طيور **شوّالة الصفصاف**.

وقد ذكر النقّاد أن نظرية (تشاتس وبيكر) قد تكون صحيحة، لكنّهما عَجِزا عن وضع علامات ملوّنة على طير وقواق يافع للتأكّد من معرفته. وعلى الرغم من أنّ نصف طيور الوقواق الموجودة في العالم القديم متطفّلة، إلاّ أنّ طيور الوقواق في العالم الجديد غير ذلك، باستثناء أربعة فقط. ومع ذلك، يضع كل طير **وقواق أصفر المنقار وأسود المنقار** أحياناً بيضه في أعشاش أخرى. ومن بين هذه الطيور المتطفّلة كلياً أو جزئياً، توجد بعض الظواهر عن كيفية ظهور عادة التطفّل المحيّرة.

وفي العالم الجديد، تُعتبر **طيور البقر** المجموعة المتطفّلة بشكل أساسي. فينشأ كلّ طير بقر صغير على حساب واحد أو اثنين من صغار مضيفيه، وهي حالة

تجعل نسبة التي تعيش من طيور البقر لا تزيد عن نسبة مضيفيها. ومن بين أنواع طيور الوقواق نوع يسمّى **الميلانكوريفوس** والذي لا يحبك لنفسه الأعشاش، بل تراه يراقب الطيور الأخرى وهي تبني بيوتها الجميلة. وبمجرّد أن تنتهي تلك الطيور من أعمال البناء، ينطلق هذا الطير ليقتحم بكلّ وقاحة ذلك العشّ الجميل ليجعل منه مسكناً لنفسه، ثم تقوم الأنثى بوضع بيضها فيه وتقوم بتربية فراخها.

أمّا **طيور الوقواق الأفريقية ذات الأعراف** والتي يوجد منها في أفريقية أنواع عديدة، فإنّها تُلقي كافّة الأعباء والمسؤوليات المتعلّقة بتفريخ وتربية صغارها على أصحاب العشّ الذي ترمي فيه بيضها. لكن حين تكبر الفراخ ويشتدّ ساعدهم، تعود تلك الطيور فتسحب أطفالها من (المدرسة الداخلية) تلك وتأخذها إلى بيتها لتواصل عملية إطعامها وتربيتها حسب ذوقها. وقد تمكّنت **طيور الوقواق الأفريقية** ومنذ زمن بعيد من تحديد نوع الطيور التي يمكن استغلالها في تربية أطفالها. لذا فإنّها لا تُلقي بيضها في أيّ عشّ يقع عليه بصرها، بل إنّها تبحث بعناية وحذر عن العشّ الملائم لهذا الغرض.

أمّا بالنسبة لطيور الوقواق الأخرى، فشأنها في ذلك شأن **طيور الوقواق الأوروبية** حيث اعتادت على إلقاء بيضها في أعشاش الغير من الطيور الصغيرة ولا تُبدي بعد ذلك أدنى اهتمام بمصير أولئك الأطفال اليتامى. غير أنّ اختيارها للعشّ يتمّ بدرجة كبيرة من العناية والحذر. فعلى الرغم من أنّ الوقواق الأوروبي يستغل أعشاش مئة وخمسين نوعاً من الطيور، إلاّ أنّ ذلك لا يعني إطلاقاً أنّ أنثى هذا الطير ترضى بأيّ عشّ من تلك الأعشاش.

إنّ بيضات **طيور الوقواق الأوروبية** تكون ملوّنة بألوان مختلفة عن بعضها، ولهذا فإنّ كلّ أنثى تقوم باختيار عشّ تلك الطيور التي تكون بيضاتها شبيهة بالبيض الذي تلقي به هي، سواء أكان ذلك من حيث الحجم أو اللون، ويبدو أنّ تلك الأنثى قد رأت النور هي نفسها في عشّ طيور مثلها.

وغالبية أنواع طيور الوقواق لا تضع في أعشاش الغير سوى بيضة واحدة فقط. وإذا وُلِدَ في العشّ فرخان في آن واحد فإنّ هذين الوقواقين الصغيرين ليسا بالشقيقين أبداً. وهناك أنواع من **الوقواق الأوروبي ذي العُرف** الذي يعيش في أفريقيا وفي بلدان غرب أوروبا، فإنّ أنثاه تضع في العشّ الواحد ما يتراوح بين البيضتين والأربع بيضات. كما أنّها تقوم باختيار المربّين لأطفالها من بين الطيور من صنف **الغراب** بشكل رئيس. ولهذا فإنّ بيض هذا الطير الصغير يكون كبيراً بالمقارنة مع بيض الأنواع الأخرى من طيور الوقواق.

وهناك ما يعرف **بالطيور المرشدة** أو **مُرشدة العسل** Honey Guides، حيث استفاد منها الإنسان في الاستدلال على أماكن وجود خلايا **النحل البرّي** للحصول على العسل، وتقوم هذه الطيور بتناول ما يتبقّ عن قرصنة وتطفّل الإنسان. وفصيلة الطيور المرشدة فصيلة أفريقية، إذ تعيش تسعة من أنواعها الأحد عشر في الأدغال والغابات الممتدّة جنوب الصحراء الكبرى، ويعيش النوع العاشر عند سفوح جبال الهيملايا الغربية، أمّا النوع الحادي عشر فهو صغير الحجم نادر الوجود ويعيش في أحراش الملايو وسومطرة وبورما.

وتعيش هذه الطيور بشكل منفرد وليس في جماعات، حيث تتنقل كلّ أنثى وذكر بين الأشجار وفروعها المتشابكة وهي تقيم إقامة دائمة في موطنها، لذلك توصف بأنّها من **الطيور الأوابد**. والواقع أن **مُرشدة العسل** وهي التي سُمّيت كذلك لقيامها بعمليات الإرشاد إلى خلايا النحل البرّي كما ذكرنا من قبل، قد أنشأت علاقة تعاونية متبادلة بينها وبين نوعين آخرين من المخلوقات هما:

1- **عِنَاق الأرض الأفريقي آكل العسل**. وهو حيوان متوسّط الحجم يسطو على خلايا النحل البريّ ويأكل اليرقات وأقراص العسل، ويسمّى أيضاً **بادجر**.

2- الإنسان الأفريقي البدائي.

ويستغلّ هذا الطائر العلاقة التعاونية تلك، كي يصل إلى بُغيته التي يبحث عنها - وهي أقراص العسل - بأيسر السبل وأسرعها دون عناء يذكر، وهي طريقة انتهازية فريدة. وأكثر الطيور المرشدة شهرة في هذا المجال هو الطائر المسمّى **مُرشد العسل أسود الرقبة** ويُطلق عليه أيضاً اسم **مرشد العسل الأعظم**.

وهذه الطيور المتطفّلة والانتهازية تمتاز بجلود سميكة وخشنة حتى لا يؤثّر بها لَسْع النحل أو الزنابير التي تتغذّى عليها أيضاً. ولم يكفِ هذه الطيور التطفّل على النحل وعلى يرقاته وعلى ما يجنيه من عسل، بل إنّها تتطفّل على بَني جنسها من الطيور الأخرى بأن تضع بيضها في أعشاشها ولا تُتعب نفسها في بناء الأعشاش. ويسمّى هذا التطفّل **بالتطفّل النقفي** والذي شاهدناه سابقاً لدى العديد من الطيور، وأشهرها على الإطلاق **طائر الوقواق**.

وإذا ما حاولنا النظر في هذه الظاهرة عند **النباتات**، نجد أمثلة عديدة يفقد فيها النبات قُدرته على صُنع غذائه الخاصّ جزئياً أو كليّاً. مثل هذه النباتات تكون **مترمّمة** أو **متطفّلة**. فالنباتات التي تمتصّ غذاءها مباشرة من كائنات حيّة أخرى تسمّى **متطفّلة**، وهي تتّصل بتراكيب خاصّة بالنبات العائل لها. هناك نباتات معيّنة تابعة **للعائلة الخنازيرية** لها مظهر النبات الأخضر العادي، لكنّها تلتصق بجذور نباتات معيّنة أخرى لتمدّها بالغذاء، وهذه النباتات جزئية التطفل مثل **نور العين والزهر البري الأصفر وبارتيسيا الأحمر**. أما **حشيشة الأمنان ورافليسيا**، فهي أمثلة لمجموعة من النباتات تامّة التطفّل. تتطفّل **لاثريا** على أشجار البندق وتلتصق بها من تحت سطح الأرض وتظهر في الربيع فقط عندما تنتج أزهارها. والأوراق عبارة عن أعضاء غريبة الشكل مجوّفة وظيفتها امتصاص الغذاء من النبات العائل لأنّها غير قادرة على صنع الغذاء.

وتظهر **رافليسيا** على شكل زهرة ضخمة يبلغ قطرها نحو 90 سم، وتنمو على الجذور المكشوفة لبعض الأشجار الاستوائية، وتمتصّ غذاءها من داخل الجذور وتعطي بالتالي برعماً زهرياً يكبر بسرعة. وتنطبق نفس الاعتبارات على **البكتريا**، فالأنواع الطفيليّة منها مسؤولة عن معظم الأمراض. وعندما تصيب البكتريا الأنسجة النباتية أو الحيوانية فإنّها تتكاثر بسرعة مُستخدمة غذاءً مشتقّاً من الخلايا الميتة أو الدّم أو السائل الخلوي.

ويُمكن لبعض **البكتريا** أن تُضاعف أعدادها مرّة كل نصف ساعة. وقد تؤدّي السّموم الناتجة بفعل نشاطها إلى هدم الأنسجة المحيطة أو إلى تَلَف الأجهزة الدورية في الحيوانات. تسمّى الطفيليات التي يمكنها المعيشة فقط متصلة بالعائل **إجبارية التطفّل**، بينما يُطلق على الكائنات التي يمكنها أن تعيش أيضاً مترمّمة **اختيارية التطفّل**.

وتتعرّض مجموعة واسعة من **الفطريّات** لتطفّل بعض الفطريّات الأخرى، عليها حيث تهاجم الهيفات والكونيديات والجراثيم الفطريّة على اختلاف أنواعها مؤدّية إلى تحلّلها في النهاية.

وتتبع أهمّ الفطريّات المتطفّلة أجناس Trichoderma, Penicillium ,Rhizoctonia. وتُعتبر هيفات الفطر النامية في التربة أقلّ عُرضة لفعل الطفيل وذلك بسبب سرعة نموّها التي غالباً ما تفوق سرعة تحلّلها. بينما تتعرّض الأطوار الساكنة على وجه الخصوص للفعل المدمّر للطفيليات، حتى البطيئة منها خلال مهاجمتها لهذه الأطوار الساكنة لفترة طويلة.

الفصــل الثــاني

اللَّعِــبُ وَالتَسْــلِيَةُ

اللعـب والتسـلية

ورد في تقرير لمدير حدائق الحيوان في (بال) بسويسرا أنّ **دبّاً** كان يقوم أثناء فترة راحته من التدريب على أداء بعض الألعاب، باعتلاء درّاجته من تلقاء نفسه والدوران بها عدّة دورات. ومن الجلّي أنّه لم يفعل ذلك لأيّ سبب آخر سوى مجرّد ميله إلى هذا النشاط لذاته.

وقد وُصفت نغمة الرقص المتقَنة التي تصدر عن طائر **السمّان** ويرقص عليها رقصته الفردية، مثلها في ذلك مثل غناء العصفور، وُصِفت كلّها بأنّها استمتاع واضح تقوم به الطيور بدون هدف. وهي بذلك تشتمل على عنصر من اللعب حتى لو كان الهدف النهائيّ لهذا النشاط هو غرض حيوي مثل الغَزَل أو بناء العشّ.

وقد ُوجِد أنّ **اللعب** أكثر تكراراً، وعلى أشكال أكثر تنوّعاً عند **الحيوانات العليا** منه عند **الحيوانات الدنيا،** لأنّ مكان النوع في شجرة التطوّر يتحدّد جزئياً بمدى تعقيد التركيبات الجسميّة للكائن الحيّ ووظائفه التي ترتبط بدورها بالقدرة على التعلّم وتنوّع السلوك، فمن المرجحّ أن يكون هناك ارتباط بين القدرة على التعلّم واللعب.

إلاّ أنّ هذا يتركنا أمام عدد من المسائل المحيّرة التي نريد لها جواباً. فمثلاً: لماذا تلعب الحيوانات الصغيرة أكثر من الحيوانات الكبيرة ؟ ولماذا يأخذ اللعب أشكالاً خاصّة في الأنواع المختلفة للحيوانات؟

يتمّ تصنيف الأنشطة التي يُطلق عليها اسم (لعب) على وجه التقريب تحت أربعة عناوين:

المجموعة الأولى

ويحدث عندما لا يكون النشاط استجابة مباشرة لمثير معيّن مباشر من البيئة. ومن أمثلة ذلك مَرَح **الخراف والجداء**، وما تقوم به من وثب. وهي تتأثّر في ذلك بالأحوال والظروف البيئية من دفء وطقس مناسب.

وتتّفق التقارير بالنسبة لأنواع متعددة من الحيوانات، على أنّ الحيوانات تُكثر من اللعب في حالات الجوّ الأحسن بالنسبة لها. **فالأبقار الإنجليزية الأليفة** تفضّل اللعب في الجوّ الصحو، بينما تلعب **الأسود** في الأيام الباردة أكثر ممّا تلعب في الأيّام الحّارة، كما يكثُر لعب الحيوانات بعد إطلاق سراحها مباشرة، أو حتى بمجرّد أن تُفرَش لها طبقة جديدة لتنام عليها في مرابطها. وقد ورد في التقارير أنّ الحيوانات الأسيرة أكثر لعباً من الحيوانات البرّية.

المجموعة الثانية

من ضروب النشاط التي أُطلِقَ عليها كلمة (لعب)، تتكوّن من أجزاء من الأنماط السلوكيّة، التي تؤدّي عادة إلى إنجاز وظيفة حيوية محدّدة، كما هو الحال بالنسبة للطعام والقتال وأنشطة التوالد، حينما تحدث خارج السياق الملائم لها، أو حينما لا تحقّق الغرض الأصليّ لها. ومن أمثلة هذا النوع، ألعاب الاقتتال التي لا ينتج عنها إصابات، والمطاردة والانقضاض على أشياء غير مناسبة، واللعب الجنسيّ بين حيوانات لم يكتمل نضجها الجنسي بعد.

المجموعة الثالثة

وهي ما يسمّى باللعب الاجتماعي. وعلى الرغم من تداخله مع النوع السابق في أنّه يتكوّن في أغلب الأحوال من أجزاء غير مكتملة لأنماط مفيدة من الناحية البيولوجية (الحيوية)، فإن اللعب الاجتماعيّ مع ذلك يتضمن تفاعلاً بين حيوانين على الأقلّ، ويحدث أساساً بين أعضاء في جماعات اجتماعية منظّمة.

وينتمي إلى هذا النوع من السلوك، السلوك المتبادل بين الأمّ ووليدها حينما يكون هذا النشاط مستقلاً عن الرضاعة والنظافة، أو العناية بالوليد، وهو ما يُعرف بلعب الأبوين (اللعب الأبوي). ومن الأمثلة على ذلك، المصارعة والمقاتلة التي لا ينجم عنها أذى للصغار، واللعب الجنسيّ المتبادل بين الصغار غير مكتملي النضج الجنسيّ. وكذلك ضروب النشاط المشتركة التي يؤثّر فيها سلوك الحيوانات بعضها في بعض، ولكن لا يبدو أنّ لها هدف اجتماعيّ مباشر.

المجموعة الرابعة

وهي الأنشطة التي تتضمّن استقصاء البيئة واستكشافها، وتناول الأشياء يدوياً وتجربتها. وهذا ما يسمّى (لعباً) حينما لا يكون لهذا الاستكشاف غرض ظاهر ذي نفع، أو يكون لتلك المعالجة اليدوية للأشياء دور في إزالة بعض العقبات التي تعترض الطريق إلى الطعام أو الرفيق.

وعندما لا تكون الماشية المستأنسة خائفة، فإنّها تقوم بشمّ ولعق ما يقع في طريقها وهي تحاول أن تمضغه. وبوجه عام، فإنّها تقوم بمحاولة البحث والاستقصاء عن أيّ شيء جديد.

ولا يظهر على **الأمهار الحديثة الولادة** أيّ دلائل للخوف، بل إنها تدسّ أنوفها في أيّ شيء جديد، ما لم تقم الفرس الأمّ بإبعادها. وتحتاج **الخنازير** إلى أشياء تلعب بها في حظائرها مثل السلاسل وأنابيب المطاط، لأنّها تكون مركز اهتمامها. أمّا **القِرَدة والنسانيس** فإنّها تميل إلى اللعب والمزاح إلى حدّ كبير، بل إنّها تخترع الألعاب. ولقد أوردت التقارير الكثير عن الألعاب ذات الطابع الاجتماعيّ من نوع (القتال المصطنع) الذي تقوم به **الحيوانات اللافقارية** في الأيام التي يكون جوّها صحواً ولطيفاً، حينما لا تحسّ بالجوع أو لا يكون هناك أيّ سبب لإقلاقها، ويؤدّي الخطر إلى توقّف لعبها فوراً. وهناك نوع من **النمل الأبيض** يتميّز بالعدوانية الفائقة بحيث نجده يلدغ ويشوّه بعضه بعضاً بشراسة أكبر في معاركه. إلاّ أنّه في لعبه

نادراً ما يلدغ أو يسبّب الأذى لبعضه البعض، بل إنّ بعض الحركات المميزة للقتال الحقيقي تختفي. وتوجد تغيّرات مماثلة بين ما يحدث في موقف اللعب وفي المعارك الحقيقية في الأنواع الأخرى.

فقد أوردت التقارير عن نوع معيّن من **النمل** Colony of Formica Pxatensis أنّه يقترب من بعضه البعض في حركات تملّق تبدو كما لو كانت مداعبات، ثم يتصارع كلّ زوجين منها معاً، وبعد ذلك تتقهقر لكي تعيد الكرّة مرّة أخرى. و يُلاحظ أنّها في لعبها هذا لا تنفث سمّاً كما تفعل في المعارك الحقيقية، لذا لا يُصاب أيّ منها بأذى. وفي الحقيقة، فإنّ نماذج الحركات في اللعب تختلف في بعض مكوّناتها الجوهرية عن نماذج الحركات في المعارك الحقيقية.

أمّا الحشرات الأرقى اجتماعياً، فإنّها تأخذ في التعرّف جيّداً على أرضها أثناء استكشافها لها. لكنّ المسألة هي ما إذا كانت تستطلع على الدّوام بقصد اللهو. فالواجبات المختلفة التي تقوم بها **الشغّالة من نحل العسل** سواء أكانت تنظيف وإطعام الصغار، أو بناء الخلية أو الرّعي طلباً للغذاء والتي تعتمد جميعاً على سنّها وحالتها الفيزيولوجية ومطالب الخلية. وهي عندما لا تعمل تتغذّى وتستريح، وتقضي جزءاً طيّباً من الوقت في المشي في جميع أرجاء الخلية، وتدسّ برؤوسها في سائر عيون الخليّة، وهي على ما يبدو تقوم باستكشاف طبيعة الأمور في مختلف الأجزاء. وقد ذُكِرَت هذه الملاحظات كدليل على وجود نزعة فطرية للنشاط قيل أنّها تختفي وراء اللعب.

والآن سنعمل على شرح وتوضيح المجموعات بمزيد من التفصيل، فقد أَلِف الباحثون تسجيل اللعب عند **الحيوانات الفقارية** أكثر من غيرها، وإن كان ذلك التسجيل غير متساوٍ في كلّ الأنواع داخل هذه الفئة الكبيرة.

ويمكن أن نعدّ ما تقوم به **طيور أبي منجل** من ألعاب بهلوانية طائرة، وقيام طيور **شهرمان** بالانقضاض المفاجئ ودورانها ثم اعتدالها ثانية. وكذلك ما يقوم به **بطّ العيدر** من السير جيئة وذهاباً على ضفاف الأنهار سريعة التيار، لكي يعوم في مجراها. ويبدو في الظاهر أنّها تفعل ذلك لمجرّد الابتهاج الناشئ عن اندفاعها منحدرة مع المياه المدويّة، لكنها في الحقيقة تستخدم هذه الطريقة للنظافة الشخصية. أمّا النشاط العامّ الذي يظهر عند **الماشية المستأنسة والخيل والأغنام والماعز وبعض الحيوانات المتوحشة الحبيسة،** فهو الذي يُطلق عليه (لعباً). وقد لوحظ عند الكبار والصغار على السواء من **الماشية** نشاطات لا تهدف إلى أيّ شيء، مثل الركض السريع والجري المعتدل والخبب والتبختر والرفس.

وقد وُجد أنّ **صغار الماشية والخيل** تمارس اللعب أكثر من كبارها. فالخيول الصغيرة ترفس وتعضّ الأبواب وجدران حظائرها بلا انقطاع في بعض الأحيان. ويؤدّي الحبس لفترات قصيرة إلى مزيد من اللعب.

وقد أظهرت إحدى الدراسات التي أُجريت على **أسود حبيسة،** تعيش في مزرعة مساحتها حوالي سبعة آلاف متر مربع كانت تُدرّب فيها على ألعاب السيرك، أنّ الأسود جميعاً - حتى البالغ منها - يمكن أن تمارس اللعب في ظلّ مثل هذه الظروف.

وممّا يؤدّي إلى مزيد من اللعب وجود الطقس الملائم، وكذلك وجود تغيّرات في البيئة كإطلاق الحيوانات من الحبس، والظهور المفاجئ للخَدَم المكلّفين بها، أو ركض شخص ما أمام حظيرتها وإدخال حيوانات أخرى جديدة إليها.

فأشبال الأسد ابتداءً من سنّ شهر فأكثر يتزايد لعبها متمثّلاً في دحرجة الأشياء، والعضّ واستخدام مخالبها، إلى أن تبلغ العام الأوّل من عمرها. أمّا بعد ذلك، فهي تمارس اللعب مع بعضها بشكل أكثر، لكنّ كلّ أنواع اللعب تصبح نادرة

عند هذه الأشبال بعد سنّ الرابعة. أما بالنسبة لسلوك اللعب عند **الحيتان،** فيقول الدكتور ب. فورسيك من مختبرات Moss Landing البحرية التابعة لجامعة كاليفورنيا، بأنّه واضح بين الحيتان الصغيرة وكذلك الحيتان الكبيرة، فقد يبقى أحد **عجول مقوّس الرأس** بمفرده عند السطح لمدّة نصف ساعة، بينما تغوص أمّه إلى الأسفل طلباً للغذاء. وقد حدث أن تمّت ملاحظة عجول بمفردها تلعب بقطعة أنقاض على السطح، فتتوجّه نحوها ثم تسبح تحتها وحولها لمدّة تقارب النصف ساعة.

ويعتقد أنّ اللعب عند **الثدييات الصغيرة** أمر مهمّ لتنمية المهارات الاجتماعية والبحث عن الغذاء. كما تمّت ملاحظة سلوك لعب مطوّل قامت به **الحيتان مقوّسة الرأس اليافعة والبالغة،** وذلك عندما صادفت جذوع خشب حملها نهر (مكنزي) إلى بحر (بيوفورت). حيث لوحظ أحد الذكور يقذف جذعاً خشبياً مراراً وتكراراً نحو الأعلى ثم يدفعه تحت السطح بإحدى زعنفتيه لمدّة تزيد عن الساعة والنصف. كما شوهد حوت آخر وكانت أنثى، تحاول موازنة جذع خشبي على ظهرها، ثم تقوم بدحرجة هذا الجذع على ظهرها وتكرّر فعل الموازنة هذا.

وقد لاحظ ر. باين R. Byne لعباً مماثلاً عند حيتان بالغة بإلقاء أوراق كبيرة من أعشاب البحر فوق رأسها وظهرها. ويبدو أنّ الحيتان بِلَهوِها هذا، كانت تحاول تسلية نفسها في هذا المحيط الرتيب.

إنّ دراسة السلوك الحيواني في بيئته الطبيعية تحت شروط تجريبية، يُعطي دراسة مفصّلة للشروط التي تحدّد السلوك النافع من الوجهة البيولوجية. لكنّها استلزمت في الوقت نفسه دراسة السلوك (غير المُجْدي) أو غير الملائم الذي لا علاقة له بهدف ما، وهو ما ينتمي إليه اللعب. ففي بعض المناسبات، تبدو سمكة **أبي شوكة** وهي ترقص في حوض لا توجد فيه أيّة سمكة أخرى، وهو سلوك غير نافع إلى حدّ ما، وربّما كان أداؤه لمجرّد اللهو. كذلك فإن **إناث طيور الكناري** التي

تُربّى في المنزل، والتي لم تتناول أيّ مواد تصلح لبناء العشّ، تقوم بنفس حركات بناء العشّ عندما تكون في حالة وضع، حتى لو كان ذلك في آنية عشّ فارغة. وكان يُطلق على هذه الأنواع من السلوك في الأصل **نشاطات أوقات الفراغ** أو **الأنشطة الفائضة**.

وقد افتُرِضَ أنّه في مناسبات معينة يمكن أن تتراكم ظروف داخلية، مثل إنتاج الهرمونات أو ما شابه ذلك، إلى الحدّ الذي يجعل الأنماط الحركية الفطرية الجامدة التي تُشكّل عادةً تتابعاً سلوكياً معيناً مثل (التزاوج - الأكل)، أي الأفعال الاستهلاكية، تنطلق بواسطة مثير ملائم أقلّ في قوته من تلك المثيرات اللازمة في الحالات العادية، أو قد تنطلق بدون مثير على الإطلاق. ويعلّق العالم بيتش Beach على ذلك (بأنّه حين نُطلق على فعل ما – لعباً - فإنّ هذا لا يكون عادة إلاّ مجرّد اعتراف بالجهل). ويُشير في هذا الصدد (إلى أنواع من الأسماك التي تتميّز عادة بالقفز فوق العصيّ والأشياء الأخرى الطافية فوق الماء. فإذا كان هذا يبدو أشبه بلعبة ممتعة، إلاّ أنّه في الواقع يؤدّي إلى إزالة الطفيليات عن ظهر هذه الأسماك).

كما أنّ الأبحاث المتعلّقة بطراز آخر من السلوك، الذي يبدو في الظاهر غير متعلّق بهدف معيّن أو أنّه غير ملائم، وهو ما يسمّى **بنشاط الإزاحة** Displacement، إذ يحدث أحياناً أن ينشغل حيوان ما ببعض أنواع النشاط المفيد بيولوجياً، ثم ينصرف فجأة عنه ليقوم بشيء مختلف تماماً.

فالديَكَة المتقاتلة تنقر في الأرض كما لو كانت تحصل على الغذاء. وسمكة **الرنجة** قد تقطع معركة لكي تلتقط بعض المواد المستخدمة في بناء العش، وبعض **الطيور** قد تمسح منقارها أو تصلح من زينتها خلال عملية الغَزَل. وغالباً ما ينتمي هذا السلوك إلى عملية تنظيف الجسم بشكل عام. ومع ذلك، فقد تبيّن أنّ الطيور

حينما تقف في منتصف نشاط ما لكي تصلح من زينتها، فليس هذا لمجرّد أنّ النشاط الجاري قد توقّف نتيجة لعائقٍ ما مؤقّت، لكن هذا يحدث أيضاً لأنّ المثيرات التي تستدعي عادة نشاط التزيّن تكون موجودة بالفعل. فطيور **الشرشور** حينما يُقدّم لها الطعام ويتمّ تخويفها في نفس الوقت، تُظهِر عدداً من العلامات التي تدلّ على التزيّن والخمش أو الحكّ وأشكال أخرى من سلوك التزيّن للغزل، أكثر مما تفعل إذا نُثرت المياه على ريشها. وفي الحقيقة فإنّ أنشطة التوالد والعناية بالصغار تكون بالغة الدقّة والإحكام عند الطيور التي تبني أعشاشاً. فذكور **الزرزور الأسترالي** تبني أعشاشاً يصل ارتفاعها إلى أكثر من مترين. ولكي تجتذب الإناث إليها تقوم بتزيينها بكل ما يقع عليه بصرها من موادّ مثل زهور الأوركيد أو غيرها من الزهور، أو تقوم بتلوينها بلبّ الفاكهة أو فحم الخشب أو تُزخرفها بمختلف الأشياء التي تعثر عليها والتي تكون ملوّنة ولامعة. ويختار هذا الطائر الحريري الملمس الأشياء التي ينثرها على خميلته بنفس لون رفيقته مثل نبات الأجراس الزرقاء، والأكياس المسروقة من المصانع، والقش الأصفر، وأغصان أشجار السنط، وتذاكر ركاب السيارات الزرقاء أو أغلفة الحلوى. ويفضّل النوع المرقّط من **العصفور الأسترالي** الأشياء اللامعة مثل مفاتيح السيارات وقطع الزجاج المكسور والمجوهرات، والعملات المعدنية.

ومن الطريف أنّ أحد القائمين بالمراقبة اضطّر أن يعيد أدوات مائدته من **زرزور أسترالي** كان يعيش بالقرب من مخيّمه. بل وأوشك مراقب آخر أن يفقد نظارته التي التقطها العصفور الذكر بمنقاره لكي يزهو بها مع بقية الأشياء الأخرى، ويلوّح بها في إغراء أمام الأنثى التي أغواها بالدخول إلى خميلته. وهناك زعْمٌ بأنّ تكوين وزخرفة الخميلة هو أمر يفوق حدود ما هو ضروري، وأنّ قدراً كبيراً من هذا السلوك ما هو إلاّ لعب.

وهناك أمثلة أخرى لأنشطة غير ملائمة عند **صغار الطير**، تبدو كما لو كانت لعباً، وتظهر في شكل أنماط من الحركة الجامدة غير المرنة عند الصغار، قبل أن يتمّ تكاملها في وحدات وظيفية، أو قبل أن ترتبط بالمثيرات الملائمة لها.

ومن الأمثلة على ذلك، حركات بناء العشّ عند الطيور غير الناضجة، وحركات الشرب التي يقوم بها **صغار الدجاج** عند رؤية المرايا (ظنّاً منها أنّها ماء). وقد ذكر أحد الباحثين في تقرير له عن لعب **باز** (نوع من الطيور الجارحة) كان يحتفظ به، وكان لدى الطائر قطعة من الخشب يكرّر الانقضاض عليها وينقرها، ويُسقطها على الأرض لتُحدِث فرقعة، أو يحملها من وإلى مجثمه.

وقد علّق هذا الباحث على ذلك بأنّه كان يمارس شقاوة الأحداث من صغار الطير. فالانقضاض على الأشياء وحملها وإسقاطها مع تكرار عملية بناء العشّ هي من العمليات المكرّرة عند هذه الطيور. ولهذا فربّما كان مثل هذا اللعب منتمياً إلى صنف السلوك المسمّى بالسلوك الغير ملائم أو الخارج عن سياق الموضوع.

وعند الثدييات، نلاحظ أنّ هناك أنواعاً مختلفة من السلوك غير الملائم عند الصغار، والتي تنتمي إلى ما هو معقّد في عالم الكبار. **فالنمس** الذي هو من الثدييات الصغيرة الآكلة للحوم يتميّز بنشاط فائق وميل للعب. فالصغار - بل وحتى الكبار الحبيسة - من هذا النوع تمارس ضروباً من ألعاب الجري والقتال، مع هجمات مفاجئة ومصطنعة على بعضها البعض، فهي تتدحرج في سلال الأوراق المهملة وترتدي قبّعات الورق. ومثل هذه الحركات لا تختلف عن تلك التي تستخدم في الأغراض (الجادّة)، بل إنّ ميلها لوضع القبّعات الورقية على رؤوسها له ما يمثله ولها فائدة في الإندساس في الشقوق للاختفاء عن الأنظار.

ومهما تكن الفائدة الحيوية لمثل هذا اللعب، فإنها لا تنطوي على إتقان الحركات والأفعال الأساسية اللازمة للبقاء في حياة الكبار. فهذه الحركات تكون رشيقة

ومتقنة للغاية حتى عند الصغار. ومن الشائع أن نجد اللعب الجنسي السابق على فترة البلوغ عند معظم صغار الثدييات.

فالفئران الصغيرة التي لا تبلغ من العمر إلاّ واحداً وعشرين يوماً فقط، تلاحق الفئران الأخرى وتقفز فوقها، وتحتضنها على الرغم من أنّها لا تصل إلى القدرة على الإخصاب إلاّ إذا بلغت الخمسين يوماً من عمرها. أمّا تعلّم تمييز الأشياء الملائمة من غير الملائمة لمطاردتها أو صيدها أو التزاوج معها، فقد يكون استخداماً حيوياً آخر للعب، لكنّ إثبات ذلك مازال يتطلب المزيد من البحث والاستقصاء. وقد اقترح البعض تمييز نشاطات الفراغ والإزاحة عن اللعب الحقيقي، لأنّ نشاط اللعب لا يرتبط بأهداف نوعية أو بضرورات بيولوجية، لكنّه يحدث فقط عندما تكون هذه النشاطات قد أصبحت منفصلة عن السبيل (الهدف) الرئيس الضروري للعناية بالحيوان وبنوعه. لكن هناك شك فيما إذا كان من الممكن تطبيق مثل هذه التمييزات بشكل جامد، فبعض النشاطات التي تسمى عادة لعباً، لها بعض علاوات السلوك الضروري من الوجهة البيولوجية الذي يحدث خارج السياق أو خارج التسلسل.

الفصــل الثــالـث

الحَيَــاةُ الاجتِمَــاعِيَّــةُ

الحيــاة الاجتمـاعيـة

من الأمثلة الجميلة والرائعة عن الحياة الاجتماعية في عالم الحيوان تلك العلاقة الغريبة التي نشأت بين أفراد مستعمرات **الفولفوكس** Volvox globat. والتي يتراوح عدد أفرادها بين 16 - 50000. وكلّ فرد ذو سوطين ويسمّى Zooid. وهو عبارة عن حيوان ذو سوطين يحيط نفسه بطبقة جيلاتينية سميكة. تتّصل هذه الكُتل الجيلاتينية لتكوين طبقة مستمرّة بشكل كرة جيلاتينية مفرّغة تنغرس فيها الحيوانات السوطية، وبذلك تتكوّن المستعمرة. وتكون الأسواط دائماً للخارج وذات حركة متناسقة تدفع المستعمرة متدحرجة في اتجاه واحد، وتؤمّن هذا التناسق خيوط بروتوبلازمية تمتدّ بين كلّ حيوان وآخر. تصل مستعمرات الفولفوكس إلى 1 متر في الحجم، وتوجد في المياه الراكدة وتغذيتها نباتية، ولها أهمية علمية، إذ أنّها تُظهر تميّزاً وتقسيماً في العمل لأفراد المستعمرة التي تتميّز إلى نصف أمامي أفراده غير قادرة على التكاثر، وهي أصغر حجماً وذات بقعة عينية كبيرة ويمكن أن نسميها تجاوزاً خلايا جسمية Somatic وهي مسؤولة عن الحركة والتغذية. ويوجد في النصف الخلفي من المستعمرة طراز آخر من الأفراد وهو قادر على التكاثر بطريقة جنسية أو لا جنسية. كما أنّ **الحيوان المرجاني** Coral animal أو **البوليب** Polyp الذي يعتبر البنّاء الأول الذي يصنع المرجان ويبني شعابه وينشئ مستعمراته يعيش حياة اجتماعية مثيرة. ويَعجَب المرء لأمر هذا البنّاء، فهو صغير جداً ولا يزيد طوله على جزء صغير من السنتيمتر. وهو من **الكائنات المُقيمة** Sedentary التي لا تغادر مكانها ولا تنتقل من مكان إلى مكان، قوامه اسطوانة جوفاء مثبّتة على قاعدة صلبة، هي في الغالب صخرة من صخور البحر أو ما إلى ذلك. والبوليب كائن نشيط وفعّال يستخدم مادة كربونات الكالسيوم لبناء هيكله التي يحصل عليها من البحر حيث تكون عادة أكثر قابلية للذوبان في المياه الدافئة التي

لا تهبط حرارتها عن 20 درجة مئوية، وهذا ما يفسّر انتشار البوليب والمرجان في المياه الدافئة. وتتّصل هذه الكائنات الصغيرة مع بعضها البعض بواسطة أنفاق وممرّات كي يصل إليها ما يحمله ماء البحر من كائنات دقيقة تتغذّى عليها. وتشكّل المستعمرات المرجانية مجتمعاً حيوانياً ونباتياً نشطاً في المنطقة التي توجد فيها، تشتمل على أنواع وصِلات تعايشية وتعاونية كتبادل الغذاء والدفاع عن المستعمرة والتنظيف. ويُعتقد أنّ الحواجز الحالية الموجودة قُرب سواحل أستراليا وبحر المرجان وجزر الهند الغربية قد بدأت بالتكوّن منذ حوالي 15- 30 ألف سنة فقط، ويزداد حجمها بمعدّل 1-2 سم في السنة.

أمّا بالنسبة إلى الكائنات الأخرى مثل **الخفافيش**، فهي تقطن جميع الأصقاع باستثناء المناطق القطبية المتطرّفة والصحارى الحدّية، وتكثر بشكل خاص في المناطق الاستوائية. وفي أفريقيا تفوق أعداد **الخفافيش** أعداد أي حيوان ثدييّ آخر. تسكن **الخفافيش** عادة في مستعمرات، حيث تكون في مجموعات ويلتصق أحدها بالآخر، بينما يقطن بعضها في مجاثم أقلّ تلاصقاً. وتؤلّف بعض الأنواع مجموعات صغيرة تتراوح بين عدّة عشرات إلى عدّة مئات من الأفراد. وهناك نمط أقلّ شيوعاً يتمثّل بالأنثى البالغة الوحيدة التي تسكن مع ذرّيتها الأصغر عمراً. وفي بعض الحالات يسكن أحد الجنسين في مستعمرات بينما يعيش الجنس الآخر بمعزل عنه. ويفضِّل كلّ أنواع **الخفافيش** نوعاً محدّداً من المساكن، فمنها من يفضّل منازل منعزلة آمنة مثل الكهوف أو الصدوع في المنحدرات الصخرية وتجاويف الأشجار وجحور الحيوانات والمباني المهجورة، وتعيش بعض الأنواع في العراء على جذوع الأشجار وفي ثنايا الأغصان وتحت أوراق النخيل وعلى سطوح الصخور والأبنية. وبالنسبة لبعضها فإنّ الظلمة واستقرار درجة الحرارة والرطوبة والعزلة عن الضواري أمر أساسيّ وحيويّ لوجودها. وهناك أنواع عديدة من **الخفافيش** تختار مساكن حضانة خاصّة حيث يجتمع فيها أعداد كبيرة

من الإناث الحوامل بمعزل عن الذكور والإناث غير الحوامل وأنواع الخفافيش الأخرى.

وتعتبر ظاهرة تبادل الغذاء بين **الخفافيش** مظهراً من مظاهر الحياة الاجتماعية والتعاون، حيث يحصل في بعض الحالات أن لا تحصل بعض الخفافيش على غذائها، فتقوم تلك التي حصلت على الغذاء بتقديم جزء منه إلى رفيقتها التي تقوم بردّه إليها في وقت لاحق. كما أنّ ظاهرة تربية الأيتام من **الخفافيش** الصغار منتشرة حيث تقوم الإناث بتربية الصغار الذين فقدوا أمهاتهم بسبب طبيعي أو غير ذلك. ولا تفرّق بين صغارها وبين الصغار الجدد.

ولابدّ أنّ الحياة الاجتماعية التي تحياها حشرات **النمل** على اختلاف أنواعها، تضرب لنا مثالاً رائعاً عن التعاون الفعّال من أجل تطوّر وازدهار مجتمع **النمل** الخاص بكلّ نوع، وفي الحقيقة يسلك **النمل** خلال حياته الاجتماعية أشكالاً مختلفة من السلوك الاجتماعيّ سوف نوضحها فيما يلي:

النمل البستاني

يُعتبر **النمل** من جنس آتا Atta الجنس الشهير بين أنواع **النمل** التي تمارس نشاطاً جماعياً في فلاحة البساتين، ففي الغابات التي تمتد من تكساس بالولايات المتحدة الأمريكية إلى البرازيل، تُشاهد من حين إلى آخر قوافل من **النمل** تسير على دروب غائرة، كثيراً ما يبلغ طولها خمس وعشرون متراً أو أكثر.

وقافلة **النمل** التي تسير في اتجاه واحد لا تحمل في فكوكها شيئاً أبداً، وتسير على أحد جانبي الطريق، بينما يسير على الجانب الآخر قافلة **النمل** التي تتجه في الاتجاه المعاكس وهي حاملة لأوراق نباتية خضراء.

وتكون قطعة ورق النبات الخضراء التي تحملها كلّ **نملة** من الكِبَر بحيث تحجب النملة التي تحملها، وهذا ما يُطلق عليه اسم **نمل المظلاّت.** أمّا **الشغّالات** التي لا تحمل أوراق النبات فإنها تسلك طريقها عبر تسلّق الأشجار حيث تقطع

مظلاّتها الخضراء بفكوكها القوية، وتدع الأوراق المقطوفة تسقط إلى الأرض حيث تحملها فرقة أخرى. وقد يبلغ حجم المسكن مساحة كبيرة تشبه مدينة كاملة تحت الأرض. كما أنّ مخلّفات عملية حفر هذه المدينة تتجمّع على شكل ربوة يبلغ عرضها 3 - 6 متر. وفي المسكن تقطّع الأوراق النباتية إلى قطع أصغر، وتهيّأ على شكل مهاد أو فراش على أرضيّة الغرف المقسّمة والفسيحة التي تمّ حفرها من قبل شغّالات أخرى، ثم تسلَّم هذه المهامّ إلى الشغّالات الأصغر التي يقتصر عملها داخل المسكن.

وعلى المهاد التي تتحلّل أوراقها ينمو نوع أبيض من الفطر، والذي يقوم على رعايته وتربيته **الشغالات** التي تعالجها بطريقة خاصة حتى ينتج الفطر أكياسه الجرثومية حيث يقوم **النمل** بقطفها ويستعملها كطعام له ولصغاره.

ويبدو أنّ النمل حريص للغاية على حُسْن تهوية هذه الحدائق التي يُربّى فيها الفطر. ويربّي كل نوع من جنس (آتا) نوعاً مختلفاً من الفطر، كما أنّه يستأصل أيّ فطر آخر يوشك على النموّ في مزرعته. ومن المحتمل أنّ الشغّالات من جنس (آتا) تسمّد الحدائق بفضلاتها الذاتية. ومن المؤكّد أنّ بعض الأنواع القريبة منها تستخدم فضلات يرقات رتبة الحشرات حرشفية الأجنحة وغيرها من الحشرات كأساس أو مهادٍ للفطر بدلاً من أوراق النباتات. كما أنّ هناك أنواع أخرى تعلّق مهاد الفطر من السقف.

وتقوم **الملكات** بنقل هذا الفطر الثمين من مستعمرة إلى أخرى، وتتناول الملكة العذراء وجبة كبيرة من الفطر الثمين قبيل مغادرتها مسكنها إلى رحلة الزفاف. وبعد أن تتزاوج الملكة وتُزال أجنحتها عنها، تدخل إلى غرفتها التي أُعدَّت خصيصاً لها تحت الأرض كنواة أولى للسكن الجديد، ثم تقوم بلفظ كريّة الفطر الثمين من فمها وتُلقي بها على أرضية الغرفة. وبعد أن يبدأ الفطر في النمو، تعكف الملكة على إحاطته بعنايتها الفائقة وتسمّده بفضلاتها إلى درجة أنّها قد تقدّم بعض

بيضها الذي تكسره لتسميد الفطر زيادة في الخصوبة، كما تستخدم الملكة هذه الحديقة كعشٍّ لبيض آخر. ويخرج من هذا البيض يرقات تتغذّى بالفطر إلى أن تصبح شغّالات. وتقوم هذه الشغّالات بدورها الداخلي في العناية بأمر الحديقة وتُشرف على نموّها.

النمل واختزان العَسل

توصّل النمل بعد تطوّرات مختلفة إلى وسيلة ما لخزن الغذاء الذي يتغذّى به في فصل الجفاف، وذلك بجعل بعض الشغّالات أوعية للخزن. وهذه الأوعية الحيّة أو المخازن لها حوصلات قابلة للانتفاخ والتمدّد إلى درجة كبيرة. وتعمل الشغّالات التي تجمع الطعام من الخارج في فصل وفرة الطعام، على تخزين ما تجمعه من الطعام السكّري في الشغّالات المخصصة كأوعية للخزن، والذي هو عبارة عن إفراز لحشرات **المنّ** أو **البقّ** التي تربّيها حشرات النمل وتقوم بحمايتها من أعدائها الكثيرين، حيث تتحوّل هذه الخزّانات إلى أكياس كروية هائلة (بالنسبة لحجم النمل). وتصبح هذه الأوعية الحيّة المُتخَمة الممتلئة غير قادرة على السير، وتظلّ معلّقة في سقف غرف خاصة يبدو فيها عدد من هذه القارورات معلّقة جنباً إلى جنب شهوراً عدّة. وفي فصل الجفاف، تنبّه الشغّالات العادية هذه الأوعية الحيّة كي تلفظ جانباً ممّا اختزنته بالطريقة المعتادة بمداعبة رؤوسها والمسح عليها. وهكذا تبقى أفراد المستعمرة تنعم بالحياة والعيش على ما في هذه البطون. ولا يُعرف على وجه الدقّة ما إذا كانت هذه الأوعية الحيّة مهيّأة لوظيفتها الغريبة والمهمّة جدّاً هذه بوجود حوصلات خاصة قابلة للتمدد. لكن من المُعتقد أنّ جميع الشغّالات في هذه الأنواع التي تربّي قطعاناً من المنّ والبقّ لها مثل هذه المقدرة على التمدّد. إلاّ أنّ عبء الامتلاء يقع على عاتق نسبة معيّنة من الشغّالات.

وقد أجمع العلماء في شرح نظام التغذية عند النمل، على أنّه لا يوجد في المستعمرة بأكملها لتحقيق هذا النظام سوى معدة واحدة. ويوجد كما ورد سابقاً مثل

هذا النظام في مستعمرة **البوليبات**، إلاّ أنّ التغذية في البوليبات تتحقّق عن طريق اتصالات مستمرّة ودائمة بين أفراد المستعمرة.

أمّا **النمل**، فهو يستخدم طريقة أقلّ بساطة، فبعد أن يُهضم الطعام ويَصغُر حجمه بعد تحويله إلى سائل يشبه الحساء، يمرّ خلال المريء الضيّق ليفتح في الحوصلة بالجزء الأمامي من البطن، وهذه الحوصلة هي التي أطلق عليها العلاّمة فوريل Forel اسم **المعدة الاشتراكية**، وهي تفتح في المعدة الحقيقية بواسطة صمّام معقّد التركيب.

فإذا تناولت إحدى الشغّالات وجبة كبيرة، فإنه لا يصل إلى معدتها وأمعائها لتغذيتها سوى القليل من الطعام المهضوم جزئياً والمختزن في الحوصلة. أمّا الجزء الأكبر من الطعام المخزون فإنه يُوزَّع على غيرها من أفراد المسكن، بعد أن تقوم هذه الأفراد باسترحام الشغالة المحظوظة الممتلئة، حيث تمدّ ألسنتها وتربّت على الشغّالة بقرون الاستشعار في حركة اهتزازية سريعة، فلا تلبث الشغّالة أن تلفظ من حوصلتها قطرة من الغذاء تُلقي بها في فم نملة أخرى من النملات الجائعة.

والدليل على أنّ غذاء هذه الأفراد من النمل يقتصر على الطعام الذي تلفظه الشغّالة المتخمة أنّه إذا ما أُتيحَ لهذه النملة أن ترتشف وتعبّ إلى درجة الامتلاء من شراب ملوّن بصبغ الأنيلين الأزرق مثلاً، فإنّ اللون يُرى واضحاً على البطن.

وكلّما قامت بتوزيع أجزاء من هذا الطعام على أفراد النمل الأخرى، فإنّ بطن كلِّ منها يصبح ملوّناً بلون أزرق خفيف، ويدلّ هذا على أنّ كلّ فرد من الطائفة نال قسطه من الطعام الملفوظ.

النمل الأبيض (الأرضة)

تعيش حشرات **النمل الأبيض (الأرضة)** معيشة اجتماعية تعاونية في مستعمرات تحت الأرض أو في جذوع الأشجار أو في داخل الأخشاب، وهي في

كل هذه الحالات تعيش بعيدة عن الضوء. وإذا اضطّرت للظهور فوق سطح الأرض، فإنّها تختفي في بيوت من الطّين تبنيها مرتفعة فوق الأرض، كامتداد لبيوتها الموجودة تحت سطح الأرض. ويتغذّى **النمل الأبيض** بالأخشاب والمواد السيليلوزية، ويحفر في داخلها أنفاقاً ويأكل ما بداخلها. ولهذا فهو يُحدِث أضراراً عظيمةً للمنشآت والمواد المصنوعة من الخشب، مثل الأسقف والأعمدة والأثاث وغيرها. وتحفر حشرات النمل الأبيض في جذوع الأشجار بيوتاً عظيمةً، تمتدّ فيها المسالك والأنفاق، حتى تصل في بعض الأحيان إلى الجذور. أمّا أنفاقها تحت الأرض، فتتشعب إلى مسالك وممرّات عديدة، تنتهي دائماً إلى حيث توجد الأشجار والأدغال والأعشاب ومساكن الناس، حتى تجد الحشرة كلّ ما تحتاج إليه من غذاء بسهولة تامة.

والغريب أنّ هذه الحشرات لا ترى ضوء النهار، ولا تغادر أنفاقها المظلمة، ولا تسير إلاّ في الخفاء. فهي تنتشر خلال المسالك التي تحفرها في جذوع الأشجار، أو في بيوتها تحت الأرض، أو في المساكن الطينية التي تبنيها فوق سطح الأرض، فلا تغادرها ولا تخرج منها حتى تموت. وإذا دعت الحاجة إلى الخروج، فإنّ عاملات البناء الشغّالة تبدأ نشاطها في عمل أنفاق جديدة على شكل أنابيب من الطين تمتدّ على سطح الأرض، وتستعين في بنائها ببعض الإفرازات وبقايا الخشب الممضوغة.

وقد ذكرنا سابقاً بأنّ **النمل الأبيض** يتغذّى بالموادّ السيللوزية التي لا تستطيع الكائنات الحيّة الأخرى هضمها باستثناء **المجترّات**. فكيف يمكنه ذلك ؟ يعود ذلك في الواقع إلى **البكتريا والبروتوزوا** (الأوّليات) التي تعيش متكافلة في أمعاء هذه الحشرات والتي تساعد النمل الأبيض على أن يتغذّى بالأخشاب وأن يهضم الألياف.

إن فكّيه القويين، يستطيعان قرض المواد الصلبة، مثل خشب الساج، أو أرز مونتري، وهذا الخشب يعجز حدّ البلطة عن خدشه، كما أنّه يأكل سدادات الزجاجات المخزّنة في الأقبية، فلا يترك منها سوى طبقة رقيقة من الفلّين، تكاد تكفي لمنع محتوياتها من التدفق.

ومن المؤكّد أنّه يصعب علينا تصوّر أنّ هذه المقدرة الفنية التي يتطلّبها إنشاء مساكن **النمل الأبيض** والتي ترتفع إلى أكثر من ثمانية أمتار وتكون على شكل أعمدة مضلّعة، يمكن أن يكون مصدرها النمل الأبيض الذي يبلغ طول النملة منه 25 مم، لكن ذلك هو الواقع تماماً.

إنّ هذه الحشرات تنشئ مباني منتظمة، على عمق 30 سم من سطح الأرض، وهي أعشاش بيضية الشكل، تتخلل قشرتها الخارجية صفوف من الثقوب المسامية، أو المنافذ، تؤدّي إلى حجرات داخلية متراكبة فوق بعضها البعض، وتتّصل بِدَرَج حلزوني.

وبيت **النمل الأبيض** مقسّم إلى حجرات صغيرة يخصَّص بعضها لتربية الصغار، وبعضها لتكديس بقايا العشب والخشب الممضوغ. وأهمّ هذه الحجرات غرفة **الملكة،** حيث تعيش فيها طوال حياتها بعد التزاوج، ويقاسمها العيش في هذه الغرفة ملك **النمل الأبيض** صغير الحجم والذي يقضي حياته مختبئاً تحت بطن عروسه الضخم. وتقوم على خدمة الزوجين الملكيين مجموعة من العاملات، كما يخصّص لحراسة الغرفة عدد كبير من الجنود، ولقد قُدِّر حجم الملكة بأنه أكبر من حجم العاملة بعشرين ألف مرّة تقريباً، ولهذا كانت حجرتها الملكية قابلة للتوسع، حيث تزداد مساحتها كلما زاد بطن الملكة انتفاخاً.

وتتم أروع أعمال البناء سواء من الخشب الممضوغ الذي هُضِمَ جزئياً، أو من خليط من لب الخشب والتراب، أو من التراب فقط. وتحيط بمبنى **النمل الأبيض** جدران خارجية، مانعة لنفاذ الماء بواسطة ملاط يتكون من التراب واللعاب، تعمل

على عزل المبنى من تغيرات درجة الحرارة التي يمكن أن تتلف البيض. ويخرج الهواء الفاسد الدافئ، المشبع بغاز ثاني أكسيد الكربون من خلال فتحات تسمح أيضاً بدخول الهواء النقي.

وهكذا فإن العش لا يتعرّض أبداً للجفاف حتى في الصحراء، ذلك لأن **النمل الأبيض**، يحفر الأرض، إذا لزم الأمر إلى عمق 40 متراً، إلى أن يصل إلى طبقة المياه الجوفية، ليعود إلى السطح حاملاً جزيئات من المواد الرطبة. ويمكن لمستعمرة **النمل الأبيض** التي تُستكمل تماماً، أن تظل نشطة أكثر من ستين عاماً. وقد يحدث أن تقوم صغار النمل البالغ، بالحلول محل الزوج المنتج، إذا ما تعرّض هذا الأخير للمرض، أو خارت قواه لتقدّمه في السن، أو إذا هجر المستعمرة ليؤسّس مستعمرة جديدة، وأخيراً هناك **النمل الأبيض** الذي لا يبلغ سن النضج أبداً، وهو الذي يؤلف طبقتي الشغّالات والجنود.

النحل

يختلف مجتمع **النحل** قليلاً عن مجتمع النمل الأبيض (الأرضة) والنمل. والأنواع الأليفة منه ينتج بيضه المخصب إناثاً، ويتم تغذية بعض اليرقات **بالغذاء الملكي** كي تصبح ملكات. ويتمّ تغذية اليرقات بغذاء مكوّن من العسل وحبوب اللقاح ابتداءً من اليوم الرابع من حياتها كي تصبح **شغّالات**. وكلما كبرت هذه الشغالات، التزمت بالعمل الشاق والمنظّم أشدّ التنظيم التزاماً كاملاً.

وتقوم **الشغّالات** في الأيام الثلاثة الأولى من حياتها بتنظيف العيون في الخليّة كي يتسنّى للملكة وضع بيوض جديدة فيها. ثم تبدأ غددها المفرِزة بالنمو، وخلال عشرة أيام، تبدأ برعاية اليرقات وتغذيتها على مزيج من العسل وحبوب اللقاح، أو على الغذاء الملكي. ومن اليوم العاشر إلى اليوم الثامن عشر، تقوم ببناء عيون جديدة، سداسية الشكل أو تقوم بإصلاح العيون القديمة القائمة، وأخيراً، وبعد أن تقضي ثلاثة أيام في تكديس حبوب اللقاح في خلايا التخزين، ويومين آخرين في

حراسة المدخل، تطير لجمع الرحيق وحبوب اللقاح، وهي مهمّة تظلّ مكلَّفة بها طيلة النصف الثاني من عمرها الذي لا يزيد على ستة أسابيع.

وفي مجتمع **النحل**، يجري العمل بالإدارة الذاتية. فتقوم كلّ نحلة بالمرور، في فترات منتظمة، داخل الخلية، وتقرِّر المهام التي يجب القيام بها. وإذا حدث أن نقص عدد الخازنات أو انقرضت، حلّت محلّها نحلات شابة، قد لا يتجاوز عمرها في بعض الأحيان ستة أيّام. وإذا قام مربّو النحل بإخراج الشغالات الصغيرة من الخلية، فإنّ عدداً من الخازنات يقرّر البقاء في الخلية، وسرعان ما تنشط غددها التي تُفرز الغذاء والشمع، بعد أن تكون قد جفّت، وتكرّس وقتها لرعاية اليرقات، وإعادة بناء الخلايا.

وقد أظهرت التجارب التي قام بها كارل فون فريش Karl Von Frisch أنّ أفراد النحل، تتفاهم فيما بينها بواسطة رقصات تؤدّيها على الجانب الرأسي للخلية. وتختلف هذه الرقصات تبعاً للمعنى الذي تقصد النحلات إبلاغه، سواء أكانت تريد الإرشاد إلى مكان وجود الغذاء، أو تطلب من زميلاتها الذهاب لإحضار الماء للخلايا التي يوجد فيها البيض لتبريدها.

وعيون **النحل** حسّاسة للأشعة فوق البنفسجية، حيث تستطيع أن تحسّ بأشعة الشمس حتى من خلال السُّحُب، وإذا دعا الأمر، فإنها تستطيع استخدام نقاط أخرى للإرشاد، مثل الغابات أو البحيرات مثلاً. لكنّ الاهتزازات المدهشة لبطونها، تدلّ على موضع الشمس.

وإذا ازدحمت الخلية بسكانها، تقوم **الملكة القديمة** باصطحاب مجموعة من الشغّالات قد يصل عددها إلى خمس وثلاثين ألف شغّالة، وتقوم بتأسيس خلية جديدة بالقرب من مصادر الغذاء بعد أن يتمّ تحديدها من قبل الشغّالات المستكشفات، أما الخليّة القديمة فتتولّى أمورها ملكة شابة حيث تقوم بتجديد نسلها وجعلها أكثر قوّة.

ومن السمات المشتركة التي يمكن استخلاصها من العادات الاجتماعية الحشرية، سِمَة الوطنية. والواقع أن كلّ العناصر تشترك في الدفاع المستميت عن العشّ، أو المسكن، أو الخلية. وفي حالة الهجوم على بعض مستعمرات **النمل**، يقوم الجنود بإلقاء حامض النمليك على العدو. أمّا **الزنابير الاجتماعية**، فإنّ لها سلاحاً رهيباً، وهي إبرة قوية لإزعاج المهاجم، بل وتقتله على الأغلب. وبعكس **الزنابير** التي تعيش منفردة، فإن الأنواع الاجتماعية لا تلدغ إلاّ في حالة الدفاع عن العشّ.

والواقع أنّ الهدف النهائي لغريزة البقاء لدى الحشرات، هو حماية المستعمرة، وليس حماية الفرد. وهكذا نجد أنّ أفراد **النمل الأبيض** (الأرضة)، لا يتردّدون في التضحية بحياتهم في سبيل صدّ غزو **النمل الأحمر** الفتّاك.

ولابدّ لنا نذكر أنّ تفاقم أزمة السكن يُرغِم الطيور على بناء أقسام داخلية (بيوت عامّة أشبه بالفنادق). فآكلات اليرقانات - **آني** - (يُطلَق هذا الاسم على نوع من الطيور التي تعيش في مناطق أمريكا الجنوبية والتي عادة ما تصرخ آني - آني - آني)، تجتمع على هيئة أسراب صغيرة، وتبدأ سوية ببناء عش عميق كبير يكفي الجميع، وبعد ذلك تبدأ الإناث بوضع بيضها. ويتراوح عدد البيضات في العش بين 15 و20 بيضة، بل وقد يصل أحياناً إلى 50 بيضة. وتقوم عدة طيور بتفريخ مثل هذا العدد الكبير من البيوض في آن واحد. وتتناوب دوريات الحراسة بين الحين والآخر، أي تأتي مجموعة من الطيور لتحلّ محلّ المجموعة القديمة مواصلة عملية التفريخ التي بدأتها سابقتها. وحين تفقس البيوض ويخرج منها الفراخ، تبدأ (العشيرة) بأكملها بإطعام الصغار. وترى الذكور تساهم في هذه العملية مع الإناث على حدّ سواء وبإحساس كبير بالمسؤولية. وهناك أنواع من الحيوانات تقوم بتربية أطفالها بشكل جماعي. وهذا بالذات ما تفعله طيور **البطريق الملكية** التي تعيش في القارة المتجمدة الجنوبية، حيث تقوم هذه الطيور بتربية صغارها في (روضة أطفال)، يقضي هؤلاء فيها أوقاتهم وهم يلهون ويمرحون سوية تاركين المجال أمام

ذويهم لمواصلة أعمالهم واصطياد السمك بهدوء. وفي روضة الأطفال هذه، تجري تربية الصغار سوية، أمّا إطعامهم فيتم على انفراد. فالتغذية لا تدخل ضمن مهمّات روضة الأطفال. ولهذا ترى الأبوين يتوجهان نحو طفلهما دون ارتكاب أدنى خطأ، بالرغم من التشابه شبه المطلق بين طيور البطريق الصغيرة، ويزقّان في فمه الطعام حتى يشبع ذلك الابن الشره ويملأ جوفه بالطعام. ومن الظواهر المثيرة للدهشة والتي توضح التعقيد الموجود في الحياة الاجتماعية لدى بعض الطيور هي الحياة الاجتماعية عند **طيور الآرني** (آكلة القرّاد) حيث تتجلّى في اجتماع أكثر من زوج من الطيور على بناء العش، وهي سابقة ليس لها مثيل في عالم الطيور، حيث تقوم الطيور بإطعام أي فرخ من فراخ المجموعة الموجودة في العش. وعند إنشاء العش تقوم الطيور بجلب الأوراق الخضراء لتبطين العش، حيث تتعاون الطيور مع بعضها، وتستخدم الأوراق المقطوفة مباشرة من الأغصان. وغالباً ما يكون في هذه الأوراق ثقوب كبيرة خلّفها نمل الأغصان. وفي هذه المرحلة المبكّرة، لا تتم حضانة البيوض بشكل مستمر، بل يتغيّر وضعها، وتتم تدفئتها بشكل مستمر حتى موعد الفقس. وحالما يرى الطائر الحاضن أحد أفراد الجماعة قادماً ويحمل في منقاره ورقة خضراء، يحاول خطف الورقة لكنّ الطائر القادم يتمسّك بها. حيث لا يبقى هناك مجال إلاّ أن يترك الطائر الأول المكان للثاني كي يحلّ مكانه. ويتم تجاوز قاعدة الورقة الخضراء عندما يكون الذكر حاملاً الطعام لأنثاه، ومن النادر أن يصل طائران إلى العشّ في نفس الوقت. والذي ينجح في الحصول على الأوراق الخضراء بكثرة يكون أكثر حصولاً على التنظيف من قبل الآخرين ويكون أقلّ تعرّضاً للعدوانية بين أفراد الجماعة. وكأنيّ بهذه الأوراق الخضراء التي تستخدمها **طيور الآرني** للتعارف فيما بينها قد لا تختلف عن تلك الرموز التي نستخدمها نحن البشر مثل ربطات العنق في المدرسة، أو بطاقات الاعتماد أو الأزياء الموحّدة في العمل ...الخ. وإضافة إلى هذه الأوراق هناك سلوكيّات أخرى

محيّرة، إذ تضاف بيضة إلى العشّ الكبير كل يوم، ويزيد عدد البيوض يوماً عن يوم ممّا يدلّ على وجود أكثر من أنثى تضع بيضها في العش. وعندما تغيب الشمس، يأوي السرب بكامله من إناث وذكور إلى أجمة كثيفة كتفاً إلى كتف تاركةً البيض. وليس هناك ما يبرر ذلك، حيث تتعرّض الأعشاش لخطر القوارض مثل فئران الحقول وحيوانات الأبوسوم التي تجد في بيض الآرني وجبة دسمة لما تحتويه من دهون وبروتينات. أمّا الأعشاش التي يحيط بها خندق مائي طبيعي فإنه يحميها من الأخطار المحدقة بها إلى حدٍّ كبير. وحالما يكتمل وضع البيض تبدأ الحضانة بشكل جدّي، حيث يقوم الزوج من **الآرني** بحضانة البيوض من ساعتين إلى أربع. أمّا غذاؤها فيعتمد على الطفيليات التي تلتقطها من الحيوانات البرية، وكذلك الأعشاب الحديثة النمو والأجيال الفتية من الحشرات. ويصبح الغذاء أكثر غزارة عندما تبدأ البيوض بالتفقيس، حيث تتبادل الطيور جلب الغذاء إلى العش لإطعام الفراخ دون تمييز فرخ عن آخر. وتعيش **الآرني** في المناطق المفتوحة، حيث ترافق قطعان **الغزلان البرية** للحصول على غذائها من الطفيليات قبل دخول القطعان الأليفة التي يربيها الإنسان. وبدلاً من دفاع كل زوج من **طيور الآرني** عن منطقة مستقلة، يجتمع أفراد السرب للدفاع ضد أفراد الأسراب الأخرى، ومازال من غير الواضح فيما إذا كان هذا النظام الاجتماعي عند **طيور الآرني** يتطور؟ يعتقد بأن الميزة الرئيسة لهذا النظام، هو أن كل طائر يعمل على تكريس جزء من وقته لإطعام الصغار، والوقت المتبقي للتنظيف والحصول على الطعام والتعرّض لأشعة الشمس، مما يفسّر سبب انتشارها الواسع وتطوّرها. وفي الوقت الذي تبلغ فيه الفراخ من العمر عدّة أشهر تجتمع في الأراضي المفتوحة وتتلقى الطعام من البالغين لبعض الوقت. أمّا في الليل فإنها تتراص جنباً إلى جنب مقلّدة في ذلك ما يفعله البالغون من الطيور.

الفصــل الـرابــع

التَّغْذِيَةُ.. أَشْكَالُهَا.. وَسَائِلُهَا.. غَرَائِبُهَا

التغذية .. أشكالها .. وسائلها .. غرائبها..

معجزة لوكول

في الفترة ما بين عامي 74 و 64 قبل الميلاد، تمكنت جيوش الروم بقيادة (لوتسي لوكول) من دحر جيوش (ميتريدات العظيم) ملك البونتوس وإبادتها عن بكرة أبيها، وانهارت دولة ميتريدات العظيمة وسقطت. بَيْدَ أنّ المجد لم يأتِ إلى (لوكول) لما أبداه من بطولة وقدرة على القتال فحسب، ولكن بفضل ما عُرف عنه من حبّ للبذخ ومن الشراهة في تناول الطعام. وشأن هذا القائد شأن الروم كافّة في تلك الفترة، حيث كانوا يتناولون كميات هائلة من الطعام ومقادير عظيمة من الشراب. ويبدو أنّ معداتهم التي تعوّدت على تناول هذا القدر الهائل من الطعام والشراب، كانت مفيدة لهم في حضور المآدب والولائم، ولكنّها كانت غير قادرة حتماً على هضم هذه الكميات الهائلة. لذلك تراه بمجرد شعوره أنّه قد تناول ما هو فائض عن حاجته، يُسرع بمغادرة المكان كي يتقيّأ، ثم يعود وكأنّ شيئاً لم يكن ويتابع الحفلة مع أصدقائه ورفاقه.

والحاجة إلى الغذاء تختلف من كائن إلى آخر، فكلّما كان الحيوان أصغر زادت الحاجة إلى المواد الغذائية وبشكل نسبي طبعاً. **فالخلد** مثلاً، يجب أن يأكل من الطعام يومياً ما يعادل وزنه بالذات، وأحياناً أكثر من وزنه بثلاث مرّات. ولا بدّ أنّ نؤكّد على أنّ الإفراط في الطعام يؤدّي إلى تقصير العُمْر، والدليل على ذلك، التجربة التي أجراها العالم السوفييتي نيكتين Nikitin، فقد وضع مجموعتين من **الفئران**، الأولى: كان يقدّم لها غذاء بحيث لا تنمو حتى جرام واحد خلال فترة التجربة. والثانية: كان يقدم لها ما لذّ وطاب من أنواع الطعام. واتّضح فيما بعد أنّ

الفئران التي كانت تحسّ بالجوع دائماً، عاشت بفترة أطول بكثير من تلك التي عاشتها شقيقاتها المُتخمة.

وثمّة أنواع عديدة من الحيوانات تجد نفسها في حاجة إلى تناول الطعام بشكل مستمر. فحيوان **الخلد** الذي ذكرناه سابقاً، سوف يموت من الجوع إذا امتنع عن الطعام لمدة تتراوح بين 14 - 17 ساعة. في حين نجد أنّ **القرّادة** مستعدّة للإضراب عن الطعام لعدّة أعوام، بل إنّ أنواعاً من **القرّاد** يمكنها أن تعيش حياتها بالكامل بعد تناول وجبة طعام واحدة. وهناك حالة خاصة وهي **ذبابة مايو** المعروفة التي تمتنع عن الطعام بمجرد بلوغها سنّ الرشد.

ويلعب الطعام كما هو معروف دوراً أساسياً كمادة بناء للجسم. فمن المعروف أنّ أجزاء الجسم تستمرّ في التغيّر والتبدّل طوال الحياة، فَشَعر الإنسان وأظافره تستمرّ بالنموّ طوال الحياة، والكريات الحمراء في الدم لا تعيش أكثر من شهرين أو ثلاثة، وخلايا الظهارة الجلدية لا تعيش فترة أطول من سبعة أيام. والمهمّة الثانية للطعام تكمن في تزويد الجسم بموارد الطاقة اللازمة لعمليات البناء والهدم، وكذلك للقيام بواجبه على أكمل وجه. فالقلب مثلاً لا يتوقف عن العمل أبداً إلاّ في الوفاة، لذلك فهو بحاجة مستمرّة إلى مصادر طاقة ليقوم بعمله على أكمل وجه.

وكوقود للطاقة، يستخدم الجسم ما لديه من شحوم وكربوهيدرات وبعض الموادّ الزلالية التي ينتج عن احتراقها غاز ثاني أوكسيد الكربون والماء. وتجدر الإشارة إلى أنّ الجسم لا يستخدم إلاّ نوعاً واحداً من الوقود هو سكّر الجلوكوز، وكلّ المركّبات العضوية يجب أن تتحوّل إلى سكّر الجلوكوز كي يسهل استخدامه.

ولنلقِ الآن نظرة على التركيب الكيميائي الطريف لجسم الإنسان كما توصّل إليه العالم الكيميائي الفرنسي جبريل بيرتران G. Bertran، فجسم إنسان يزن 110 كغ يحتوي على:

63 كيلو غراماً من الأوكسجين، 19 كيلوغراماً من الكربون، 9 كيلوغرامات من الهيدروجين، 5 كيلوغرامات من النتروجين،1 كيلوغرام من الكالسيوم، 700 غرام من الفوسفور، 640 غراماً من الكبريت، 260 غراماً من الصوديوم، 220 غراماً من البوتاسيوم، 180 غراماً من الكلور، 40 غراماً من المغنيزيوم، 3 غرامات من الحديد، و0,03 غرام من اليود. أمّا مُحتوى الفلور والبروم والمنغنيز والنحاس، فيشكّل كميات أقلّ ممّا يحتويه الجسم من عنصر اليود. والاعتقاد السائد لدى العلماء أنّ الجسم يحتوي على كافة عناصر جدول مندلييف تقريباً، بما في ذلك بعض العناصر ذات النشاط الكيميائي الضعيف مثلاً كالذهب، إلاّ أنّ الدور الذي يلعبه في الجسم ما زال مجهولاً أو غامضاً.

والصعوبات التي تواجهها عملية إمداد الجسم بكل ما يحتاج إليه من عناصر غذائية، تتعلّق بكون معظم الموادّ التي تتكوّن منها أنسجة الجسم وأعضاؤه لا يمكن تصنيعها مباشرة. فالبروتينات تتكوّن من اثنين وعشرين حمضاً أمينياً، لا يستطيع الجسم تصنيع سوى عشرة أحماض منها، أمّا الباقي فهو بحاجة للحصول عليه بصورة جاهزة.

ولأوّل وهلة، يبدو أن التغذية لا تثير أي إشكال. وهكذا، فليس **للحيتان** إلاّ تصفية الماء الذي يحيط بها بواسطة غباغبها لاستخلاص عوالق الماء (البلانكتون) إذا ما وُجدت. والحيوانات التي تتغذّى بالعشب من **دودة القز** إلى **فرس النهر**، لا تَلقى على العموم صعوبة في إيجاد غذائها، غير أنّ على حيوانات أخرى أن تدّخر المؤونة إلى الشتاء. أمّا اللاحمة، فعليها أولاً أن تبحث عن الطريدة، وعندما تجدها تقوم بالقبض عليها ثم تقتلها.

ويتمّ الصيد بطريقتين، وذلك حسب وسائل الطريدة الدفاعية. فإذا كانت الطريدة تختبئ أو تعتمد التمويه لتحمي نفسها، يقوم الصياد بالشمّ، والتنقيّب حتى يجدها أو ينتظرها حتى تخرج من مخبئها. أمّا إذا لجأت الطريدة إلى الهرب، فعلى الصياد

أن يكون سريعاً، وينطلق في ملاحقتها لدى العثور على أوّل أثر. وهكذا نجد أنّ **العناكب والحيّات والقطط** المختلفة من نواح عديدة، تطبّق نفس المبادئ الأساسية للصيد باعتبارها جميعاً حيوانات مفترسة.

كلّها يبدأ على طريقته بعمل صامت وخفي. **فالعنكبوت** تحيك شباكها وتختبئ في زاوية. **والحيّة** تبحث عن مكان مناسب فتلتفّ على نفسها وتنتظر مستعدة للهجوم. **والصقر** يحلّق فوق منطقة الصيد مستعداً للانقضاض باتجاه الأرض. **والهرّة** تقترب خفية من فريستها، وتتجمع على نفسها لتقفز عليها بسرعة فائقة، حالما تظهر، أو تبدو على نحو ملائم للانقضاض والقفز.

وعلى المهاجم أن يعمل كالبرق. عليه أن يكون أسرع من الطريدة، **كالحيّة** عندما تُلقي برأسها إلى الأمام، **والصقر** عندما يهمّ بالانقضاض **والهرّة** بالقفز. ولدى القبض على الطريدة، يجب على الصيّاد أن يقتلها بأسرع وقت ممكن، أو أن يجعلها غير مؤذية، لكي لا تجرحه. وهذا ذو أهميّة كبرى، إذ أنّ كلّ جرح خطير لا يترك للحيوان المفترس إلا حظّاً زهيداً في البقاء على قيد الحياة، حتى إذا لم يكن للجرح تأثير كبير إلاّ في عرقلة الحركات التي يتطلّبها الصيد والانقضاض، حيث قد يُحكم على الصياد القانص بالموت جوعاً. وعندما تُقتل الطريدة، غالباً بضربة واحدة، أو بعضّة واحدة، يستطيع اللاحم أن يبدأ تناول طعامه، غير أنّه في بعض الحالات فقط، عليه أن يعمل أيضاً قبل البدء بتناول وجبته.

اختيار الطعام

إنّ اختيار الطعام مسألة لها أهميتها الكبرى، ولعلّ أروع مثال على ذلك هو **النحل**، حيث تظهر إناث نحل في شكلين مميزين، الشغّالة والملكة، فهما يختلفان من حيث الحجم والتركيب - تركيب الأطراف - ووظيفياً من حيث القدرة على التكاثر، وسلوكياً من حيث العمل. وتحديد هذه الصفات جميعها في الشغالة والملكة يرجع إلى اختلاف نوع الطعام.

فاليرقات التي تتغذّى - طوال فترة نموها - على الغذاء الملكي، الذي هو عبارة عن إفراز الغدد البلعومية الجانبية في الشغّالات تصبح ملكات. والغذاء الملكي أو لبن الملكات عبارة عن كتلة رمادية صمغية حلوة تشبه القشدة الرائبة وتحتوي على نحو 20 حمضاً أمينياً مختلفاً من بينها الأحماض الأمينية الضرورية للإنسان وكثير من فيتامينات مجموعة B خاصة B 12.

وتلك التي تتغذّى لمدّة ثلاثة أيام فقط على الغذاء الملكي ثم على خليط من العسل وحبوب اللقاح المهضومة تصبح شغّالات. وقد يحدث أن تعيد الشغّالات تغذية بعض اليرقات في المراحل المتأخّرة للعمر اليرقي على الغذاء الملكي، فتأخذ هذه اليرقات عندما تبلغ، مظهراً وسطياً بين الشغالة والملكة وتكون قادرة تحت ظروف معينة من وضع بيض غير مُخصَب ينتج عنه ذكور.

وفي **النحل البرّي** غير اللاسع، يتحدّد تكوين الملكة تبعاً لحجم الغذاء الذي تختزنه الأمّ مع اليرقة قبل أن تُقفل الخلية، فإن جهّزتها بوفرة من الغذاء أعطت اليرقة ملكة.

وفي **النمل** يؤثّر الغذاء كمّاً ونوعاً في حجم الأفراد البالغة، ويؤثّر أيضاً في سرعة نمو الأعضاء بالنسبة لبعضها البعض. فعندما يشحّ الغذاء تضطر اليرقات إلى أن تتعذّر مبكّراً، وينتج عن ذلك أفراد صغيرة الحجم. وبالعكس، فعندما يتوفّر الغذاء ويكون غنياً بالبروتين حاوياً على فيتامين آ، تكون النتيجة إفراط في النمو مع التركيز على زيادة حجم الرأس بالنسبة لحجم الجسم. ومن جهة أخرى، يكثر إنتاج العساكر عندما تتغذّى اليرقات على اللحم ويكون ذلك مصحوباً بدرجة حرارة مرتفعة. وعلى العكس من ذلك تكثر الشغّالات إذا كان الغذاء فقيراً بالبروتين ويصبح نموّ اليرقات بطيئاً.

وتختلف أشكال **المنّ** حسب نوعية الغذاء، وذلك باختلاف فسيولوجية النبات العائل، الذي يعيش عليه **المنّ** نتيجة اختلاف طول الفترة الضوئية. وبكلمات أخرى

لا تُظهر الاختلافات في طول الفترة الضوئية تأثيراً مباشراً على مورفولوجية وفسيولوجية **المنّ**، بل يأتي هذا التأثير نتيجة اختلاف فسيولوجية النبات العائل بتأثير طول الفترة الضوئية.

ويتجلّى هذا التأثير - تأثير النبات العائل - في أنواع **المنّ** التي تعيش على النباتات البعيدة عن تأثير الضوء، فيظهر عليها اختلافات مورفولوجية وفسيولوجية باختلاف تركيب العصارة الخلوية تبعاً للظروف البيئية. فبعض أنواع الجنس Viteus يمكنها إنتاج أفراد مجنّحة عندما تضطر للتغذية على نباتات ذابلة جافة.

ويمكن لخصائص الطعام أن تُبدي مفعولها لا على النمو الجسمي وحسب، بل وعلى الذهني أيضاً. فهناك اعتقاد شائع في إيطاليا أنّ الأماكن التي ينمو فيها **المشمش الأبيض** تهب العالم عدداً من العباقرة يفوق بكثير مما تهبه منهم بلدان العالم قاطبة. وكما نعلم، فالإنسان كائن يأكل كل شيء، علماً أنّ أغلب الحيوانات تقتصر عادة على أكل أنواع معينة من الطعام، وقليل جداً منها يمكن أن يجاري الإنسان في نهمه. وأحياناً تجد حيوانات أو كائنات أخرى من فصيلة واحدة لها أذواق مختلفة. **فإناث البعوض** لا تستمتع إلاّ بلدغ الإنسان ومصّ دمه حتى تجمع ما يكفيها من موادّ زلالية لتوليد بيوضها، في حين نرى أنّ **ذكورها** تتغذّى على رحيق الأزهار. وفي الحقيقة فإنّ الإناث مجهّزة بأجزاء فم ثاقبة ماصة، بينما الذكور مجهّزة بأجزاء فم راشفة ماصة.

ويمكننا أن نرى عادات غريبة أو قبيحة في التغذي لدى **القرّادات** التي تنقل داء اللولبيات إلى الطيور. وعندما تهاجم عائلها بأعداد كبيرة ولا يجد بعضها مكاناً خالياً، يتحوّل بعضها إلى آكلات لحوم جنسها حيث تسعى إلى البحث عن قرّادة شرعت في امتصاص دم الطير والالتصاق بها. وأحياناً يلتصق بجسم هذه القرّادة قرّادة أخرى وثالثة ورابعة، وتقوم كلّ تلك القرّادات المتطفّلة بامتصاص دم الطير عبر أجسام بعضها البعض. وتظلّ سلسلة الطفيليات التي يأكل بعضها بعضاً قائمة

دون أن تتفكك حتى تشبع جميعها. والقرّادة التي تتعرّض لهجوم شقيقتها تظلّ على قيد الحياة وتواصل نموها بهدوء وطمأنينة.

وهناك نوع من الطيور يسمى **ترمجان الصفصاف** وهو طائر **القطا** في القطب الشمالي الذي يتحوّل إلى اللون الأبيض شتاء، ويبقى في الشمال المتجمد، حيث يغيّر غذاءه من الحشرات إلى البراعم، وفروع الصفصاف، وأشجار الحور الرومي. فتغيُّر الذوق لدى هذا الطائر هو إجباري ومرهون بالظروف الطبيعية. ومن المحتمل أنّ جميع **الطيور** كانت تتغذّى في البداية بغذاء حيواني، وأنّ التغذية بالحبوب جاءت متأخّرة غالباً، والدليل المقترح لتأييد هذا الاعتقاد، هو أنّ جميع الطيور، التي تتغذّى على الحبوب تقريباً، تبدأ صغارها في التغذية على الحشرات، ثم تتحوّل فيما بعد إلى التغذّي بالنبات. ويُستثنى من ذلك **الحمام**، إذ أنّه يتغلّب على ذلك بإطعام صغاره بإفراز يسمى لبن الحمام.

وتُغيِّر الطيور كما ذكرنا أعلاه نوع غذائها حسب الظرف المحيط بها، ومن الأمثلة الطريفة على ذلك أيضاً تغيير أسلوب التغذية في حالة **الببغاء** Nestor natobilis الذي يعيش في نيوزيلانده، والذي يتغذى على البذور والفاكهة، لكن هذا الطائر أصبح فجأة يتغذى على الدهن والكليتين في الأغنام المريضة والقليلة النشاط، حيث يقف على ظهرها وينقر المنطقة فوق الكليتين حتى يمزّقها ويلتهم الكليتين. وقد حدث هذا التغيير في أسلوب التغذّي بعد إدخال الأغنام إلى تلك البلاد.

أكل البراز

يُعتبر أكل البراز ظاهرة مؤقتة بالنسبة للعديد من الحيوانات التي تعشق هذا اللون من الطعام. ففي **الفصيلة الكلبية** مثلاً تجد الأبوين في الفترة المبكّرة من تربيتهما لجرائهما يأكلان براز أطفالهما. وهي عملية صحية ولا شك، لأنها تضمن نقاوة الجو في البيت ونظافته.

أما آكلات البراز الأخرى مثل **عثّة النحل** والتي تتغذى عادة على الشمع. فعندما تلتهم كل ما في الخلية من شمع، فإنها لن تجد سبيلاً لملء بطنها إلا التهام برازها الذي يكون قد تكدّس حينذاك بكمية وفيرة. ومن الغرابة أنها تأكل فيما بعد براز برازها، الأمر الذي يسمح بنموّ أجيال وأجيال من **عثّة النحل**، وقد يستمر ذلك لمدة سبعة أو ثمانية أعوام. وليس من الصعب أبداً تفسير هذه الطريقة الغريبة للحصول على موارد الطاقة، والتي هي أشبه كثيراً بطريقة إنشاء مولّد دائم الحركة. فالشمع مادة يصعب هضمها، حتى في أمعاء **عثّة النحل** التي تكيّفت على التغذّي عليه وحده، فإن الشمع لا يُهضم بأكمله أبداً. وهذا هو السبب الذي دفع بهذه الحشرات إلى تناول برازها مرات بعد مرات.

وهناك أنواع أخرى من آكلات البراز من **الصراصير والقرادات والديدان** والتي لا تقبل إلا بأكل البراز. ومنها من يتمتع باختصاصات ضيقة وتراه لا يأكل إلا براز البقر أو الخيل أو براز الأرانب فقط. وهناك أنواع خاصة من **الصراصير** يطلق عليها اسم **صراصير الروث**. وهذه الصراصير تعبث وتنقّب ليل نهار في كومات روث النمس لتجمع منها الغذاء ليرقاناتها المقبلة. و**الجعلان** لا بد وأن تثير دهشة واستغراب كل من يراها وهي تدفع أمامها كريات كبيرة نوعاً ما من الروث وبحجم يفوق حجمها مرات عديدة.

وليس عبثاً أن اعترف المصريون القدامى بقدسية **الجعلان** وراحوا يركعون لها ويسجدون وينحتون لها التمثيل. وكان على كل عجل من العجول المقدسة (آبيس) التي تعيش في معبد ممفيس أن يحمل على جسمه صورة آكل البراز الطبيعي هذا.

و**نمل الغابات الأحمر** لا يأكل إلا براز قمل النباتات الذي يحتوي على السكر وغيره من المواد الغذائية. والنمل من هذه الفصيلة لا يعمل على جمع البراز فحسب، بل ويدافع عن هذا القمل ويحميه من أعدائه ويقوم بتربيته ورعايته. وفي الخريف يبدأ النمل بالبحث عن بيض القمل وينقلها إلى حجره ويخفيها فيه. وبمجرد

حلول فصل الربيع وعودة الدفء، يقوم النمل هذا بحمل القميلات الصغيرات وينقلها إلى الحشائش حيث يواصل رعيها من الفجر إلى الغسق، كما يرعى الراعي قطيع أغنامه ويعود بها في مساء كل يوم إلى بيته حتى يحلّ الصيف وتصبح الليالي أكثر دفئاً، حيث يواصل رعيها آنذاك آناء الليل وأطراف النهار. وهناك أنواع من **النمل** تقوم بتربية قمل النباتات الذي يعيش على الجذور للهدف ذاته. وخلال عام يتمكن وكر نمل واحد من جمع قرابة المئة كيلو جرام من براز هذا القمل.

وثمة أنواع من الحيوانات لا تأكل البراز إلا في سن الطفولة. ففي غابات الأوكالبتوس في استراليا تعيش حيوانات جميلة شبيهة كل الشبه ببعض الدببة ويطلق عليها اسم **الكوالا**. وهذا الحيوان من الفصيلة الكيسية، غير أن فتحة كيسه لا تقع على بطنه كما هو الحال بالنسبة للكنغر، بل على ظهره. وفي الفترة الأولى التي تعقب ولادته، نجد هذا الحيوان يتغذى على حليب أمه، ثم يكفّ عن ذلك، وينتقل إلى أكل برازها الذي هو بمثابة عصيدة غنية تنشأ بعد هضم الأم لأوراق الأوكالبتوس. ووجود الكيس على ظهر الأم يسهل على الطفل التهام البراز بمجرد خروجه، ذلك لأن هذه الحيوانات دائماً ما تعيش على أغصان الأشجار العالية ولا تنزل إلى الأرض أبداً. ولهذا، فإن الأمر يرغم الأطفال على التقاط غذائهم فوراً وقبل سقوطه على الأرض.

وإذا ما تركنا جانباً الأذواق الغريبة لآكلة البراز، لوجدنا أنفسنا مضطرين للاعتراف بأن هذه الكائنات الحية تعود بأكبر النفع على الإنسان والطبيعة. فهي لا تقوم فقط بتنقية وتطهير كوكبنا الأرضي، بل والأهم من ذلك، أنها تمسك بالمواد العضوية القيمة ولا تسمح لها بالإفلات من دورة المواد.

نباتات تأكل الحشرات

النباتات الصغيرة **آكلة لحوم الحشرات** قليلة وأنواعها بسيطة، إلا أنها تتواجد في أماكن متفرقة من سطح الكرة الأرضية، حيث يوجد أكثر من خمسمائة نوع من النباتات آكلة الحيوانات، بعضها يعيش في الماء، وبعضها الآخر على اليابسة. وسبب تغذيتها على الحشرات ولحوم الحيوانات الأخرى، أنها تنمو في تربة فقيرة قلّما يوجد فيها غذاء أو طعام أو شراب. وعندما لا تأكل الحشرات، فإنها تتعرض لنقص في عنصر الآزوت الذي يعتبر عنصراً أساسياً في تركيب البروتينات اللازمة لنمو وتطور النبات.

وتختلف وسائل اصطياد الحشرات والحيوانات الصغيرة باختلاف النبات، فبعضها يستخدم أوراقاً ذات مصاريع تبقى مفتوحة حتى تلتصق إحدى الحشرات بالانتفاخات اللزجة الجميلة المنظر المنتشرة بكثرة على سطح الورقة، فتغلق بسرعة كبيرة ثم تفرز عصارات هاضمة وخمائر تهضم الأجزاء الطرية من جسم الحشرة، ولا يبقى منها إلا الهيكل الخارجي الذي تقذف به خارجاً. وبعضها يستخدم أوراقاً محوّرة تشبه الكأس، جدرانه مطلية بمادة لزجة تمنع الحشرة من الثبات عليها. وفي قعر الكأس سائل حامضي ما إن تسقط الحشرة فيه بعد مقاومة يائسة، حتى يفعل فعله ويحلّل جسم الحشرة كي يستفيد النبات من محتوياتها.

ومن أهم أنواع هذه النباتات **النديّة، الديونيا، الدارلنجتونيا**. وهناك بعض النباتات المائية تأكل الحيوانات، وتعيش معظم أنواعها في مياه المستنقعات الرطبة والأنهار الصغيرة الباردة، وتتغذى عادة على الحشرات المائية، والأسماك الصغيرة، والكائنات البحرية الصغيرة الأخرى.

ومنها **الأتريكولاريا**، النبات آكل السمك، حيث يقتنص نبات **الأتريكولاريا** فريسته بشكل مثير. فعندما يشعر بها بواسطة شعيرات صغيرة تتمركز حول فتحة دائرة صغيرة تشبه الباب، يتمدد جسمه كثيراً ويمتص كل ما حوله من ماء

وكائنات، ثم يقوم بفرز الفريسة عن الأشياء الأخرى ويأكلها. وتشترك كل النباتات المائية المفترسة للحيوانات والحشرات الصغيرة باستخدام هذه الطريقة في الافتراس. والجدير بالذكر أن علماء حياة النبات في كلية وادي لينان وجامعة كورنيل اكتشفوا سر آلية فخّ إحدى النباتات القاتلة للحشرات، وهجّنوا بينها وبين البطاطا وأنواع أخرى من النباتات لاستخدامها في مكافحة الآفات الزراعية.

أما نبتة **القريبة**، تصغير لكلمة قربة، فتتواجد على الأوساط المائية كمستنقعات سويسرة وبلجيكا وفرنسا. أزهارها متجمعة، ومتجهة نحو الأعلى، جميلة المظهر، صفراء اللون. وتحت هذا المظهر الرائع تختفي آلية جديدة ومختلفة للصيد. وتحدث عملية الصيد للحيوانات المختلفة تحت سطح الماء، حيث تنتشر الأوراق الليفية للنبات والمجهّزة بعدد لا يحصى من القُرَب الصغيرة والحويصلات الصغيرة جداً، والتي كانت تعتبر لفترة طويلة جداً كعوّامات بسيطة. تكون فتحة كل حويصل مقفلة ومحاطة بشعيرات طويلة، وعندما تلمسها إحدى الحيوانات القشرية الصغيرة، فإن هذه الحويصلات تقوم بعملية امتصاص سريع للماء يتم خلال 1,35 من الثانية. فيدخل الحيوان مع الماء الممتص ويصبح سجين الفخ، وبعد عشرين دقيقة تكون عملية الهضم قد انتهت. وبفضل هذه القُريبات والحويصلات الامتصاصية، فإن النبات يؤمّن حاجته من المواد الغذائية بدون صعوبات. وإذا تفحّصنا الكائنات الأخرى لرأينا أن هناك أساليب أكثر غرابة في الصيد، فأجناس **الفطريات الدقيقة** والتي تسمى Dactylella Harpospotium تعتمد في تغذيتها على صيد الديدان الأرضية الدقيقة الخيطية الشكل **النيماتودا** Nymatoda بواسطة شبكتها اللزجة. ووسائل الصيد عند هذه **الفطريات** عبارة عن حلقة مؤلفة من ثلاث خلايا، فحين مرور الدودة داخل هذه الحلقة وملامستها لها، فإن هذه الخلايا تنتفخ بشكل كبير وسريع محاصِرَةً الفريسة خلالها بحيث لا تدع لها مجالاً للهرب. وسرعان ما تنقضّ على جسم الفريسة شعيرات من جسم الفطر، تحلّل جسم الفريسة بواسطة

عضلاتها الهاضمة، وبعد عملية الهضم تبدأ هذه الشعيرات بعمليات الامتصاص لجسم الدودة المتحلّل. وقد استفاد الإنسان من هذه الفطريات لمكافحة الديدان الأرضية الخيطية الصغيرة في الأراضي الملوّثة بها والتي تسبب تلف المزروعات.

حيوانات ذكية

ولا بد من الثناء على بعض الكائنات الحية الدقيقة مثل **الأميبا** التي تنتمي إلى **الأوليات** Protozoa، التي تمتلك القدرة على التمييز بين ما هو صالح كغذاء وما هو غير صالح كغذاء من المواد المحيطة بها. فالأميبا التي تتحرك بشكل مستمر لا تبتلع قطع الزجاج الناعم، كما أنها تفضّل في غذائها بعض أنواع البكتريا على البعض الآخر. تحيط **الأميبا** الكائن أو المواد التي تتغذى عليها بأقدامها الكاذبة وتحمله داخل فجوة فيها تسمى الفجوة الغذائية، وبعد أن يتم هضم الغذاء وامتصاص الجزء الصالح منه، تتحرك الفجوة الغذائية وبها فضلات الطعام نحو السطح الخارجي للأميبا وتنقبض طارحة تلك الفضلات خارج الجسم.

وتمتلك **المثقّبات*** و**المتشعّعات**** شبكة بروتوبلازمية تحيط بهيكل الجسم من الخارج تقتنص الغذاء وتهضمه. هذه الشبكة مكوّنة من التحام عدد كبير من الأقدام الكاذبة الرفيعة التي امتدت من ثقوب الهيكل ومن فتحته الرئيسة.

وفي **الباراميسيوم،** تتم التغذية باندفاع الجزيئات الغذائية بفعل حركة الامتصاص الناتجة عن الحركة المنتظمة للأهداب. وعندما تصل هذه الجزيئات إلى الإندوبلازم، تحاط بفجوة تسمى تجويفاً غذائياً يجري فيه هضم وامتصاص تلك

---

* **المثقبات**: توجد أفراد هذه الرتبة في البحار طافية أحياناً أو على القاع في معظم الحالات، وتتكدس هياكلها في قاع المحيط مكونة رواسب المتشععات، وبتوالي العصور كوّنت الصخور. وهي ذات دلالات جيولوجية هامة، فيها صخور نموليت الكلسية الممتدة من أوروبا وشرقاً حتى اليابان، كما أن لها علاقة بتكوّن البترول.

** **المتشععات**: أقدم الحيوانات في الوجود الأرضي، وتعيش في المياه السطحية والعميقة للبحار. للجسم هيكل من السيليكا أو من كبريتات السترانشيوم ومبني بأشكال هندسية متقنة.

المواد الغذائية. يقترب هذا التجويف الغذائي من جدار الجسم حيث يفرّغ محتوياته غير المهضومة خلال فتحة إخراج مؤقتة، ويتحرك التجويف الغذائي باستمرار تبعاً لحركة الإندوبلازم.

هناك نوع من الكائنات الحية الدقيقة تثير الاستغراب والدهشة، ويطلق عليها اسم **الأوليات الماصّة** حيث تتحرك أطوارها غير الكاملة بواسطة الأهداب. أما الطور الكامل فهو خالٍ من الأهداب، بل يحتوي على لوامس ذات تركيب خاص يستطيع الحيوان بواسطتها، أن يثقب الأوليات الأخرى ويمتص محتويات الجسم منها. ولا يستغرق منه ذلك أكثر من 15 دقيقة، رغم أن الفريسة تكون بحجم يفوق حجمه بأضعاف مضاعفة.

وكلما تقدمنا في بحثنا عن أساليب الاغتذاء في الكائنات الحية الحيوانية عديدة الخلايا، نرى أنها تبتكر وسائل عديدة للحصول على غذائها **فالهيدرا والأوبيليا والفيزاليا** تتغذى على الحيوانات الصغيرة، مثل يرقات الحشرات والحلقيات والقشريات الصغيرة مثل السيكلوبس والدافينا. وهي تلتصق بواسطة قدمها بأي جسم صلب في المنطقة التي تختارها، وتمدّ لوامسها وتنتظرها دون حراك. فإذا مسّ حيوان صغير أحد لوامس **الهيدرا**، أُمطِرَ فوراً بوابل من الأشواك الخيطية التي يخترق بعضها جسم الفريسة ويحقن مادة سامة تشلّ حركتها، بينما يلتفّ البعض الآخر حول جسمها مانعة إياها من الإفلات. تتحرّك بقية لوامس **الهيدرا** ببطء لتساعد في القبض على الفريسة وتقرّبها من الفم، الذي يمتد ويتسع ثم تنزلق الفريسة من خلاله إلى تجويف الجسم في **الهيدرا**. وقد وجد أن آلية انفتاح الفم واستيعابه للفريسة تعتمد على تنبيه كيميائي ناشئ عن انطلاق **الجلوتاثيون** من جسم الفريسة الجريح. وإذا لم تكن كمية **الجلوتاثيون** كافية، فإن **الهيدرا** لا تتناول الفريسة. وهذا يفسر كيف تنتقي **الهيدرا** الفرائس التي تتناولها تبعاً لذلك.

وللكائنات البحرية أساليب متشابهة في الحصول على غذائها، وإن اختلفت الوسائل. فبعض أنواع **البطنقدميات المفترسة*** ذات خرطوم يندفع إلى الأمام، وعندما يلامس الفريسة ينغرس أحد أسنان الشريط المسنن في جسم الفريسة، وفي نفس الوقت يدخل سمّ عصبي عبر الجرح الذي تحدثه الأسنان ليشلّ الفريسة فوراً، ثم يجري ابتلاع الفريسة بكاملها بعد ذلك. تسلك **الرأسقدميات**** سلوكاً مشابهاً تقريباً، فكل أفراد هذه الطائفة مفترسة، وتتغذى على الرخويات الأخرى، حيث تحدث ثقباً في صدفتها وتضع إفرازات سامة من خلال الثقب، مستعينة في ذلك بمنقارها. تقوم المادة السامة بشلّ الفريسة فوراً، مسببة انبساط عضلاتها، فيسهل فتح مصراعي الصدفة على المفترس، الذي سرعان ما يلتهم الأجزاء الرخوة من الجسم.

ولا بد أن **نجم البحر** ذو الأشكال والأحجام المتنوعة مألوفاً لديكم، لكن ربما لا تعرفون عنه الكثير. إنه حيوان بطيء الحركة، لذلك فإنه يفترس الحيوانات الثابتة أو الأبطأ منها مثل أنواع المحّار. وإذا لامسته سمكة صغيرة الحجم، يمكن للملاقط أن تمسك بها فتصبح فريسة أيضاً، كما يمكنه أن يحاصر سرطاناً مائياً ويخرجه من جحره. يبتلع **نجم البحر** فريسته بكاملها، ثم يلقي الأجزاء غير المهضومة خارج الجسم عن طريق الفم. وتُبدي أنواع نجوم البحر تفضيلاً لفرائس معينة. وعندما يريد نجم البحر أن يفترس محّاراً أكبر حجماً من أن يستطيع ابتلاعه كاملاً، فإنه يحتويه بذراعه ويجذب المصراعين ويبعدهما عن بعضهما ولو لفترة وجيزة

---

* **البطنقدميات:** أكبر طوائف الرخويات، وينتمي إليها أكثر من 35 ألف نوع تعيش في الوقت الحاضر. وعُرِف حوالي 15 ألف من أنواعها المنقرضة، وهي تنتشر في جميع البيئات من البحار إلى المياه العذبة، ثم المناطق الأرضية المختلفة من السهول إلى الجبال، وتعتبر هذه الطائفة في ذروة نجاحها خلال الحقبة الحالية ومنها الرخويات التي تعيش على الأرض وفي المياه.

** **الرأسقدميات:** أنواع هذه الطائفة هي أكبر اللافقريات حجماً وأكثرها رقياً، ومع ذلك فهي آخذة في الانقراض إذ لا تضم في الوقت الحالي إلا 400 نوع بينما عُرِف 10 آلاف من أنواعها المنقرضة. وهي حيوانات بحرية تسبح بنشاط والقليل منها يعيش زاحفاً على القاع.

(فالشدّ الأعظمي لنجم البحر يمكن إلى 1300 غ، بينما قوة العضلات المغلقة لمصراعي المحّار هي 900 غ). وبعد ذلك، يقلب الجزء الفؤادي من المعدة ويدليه خارج الجسم عن طريق الفم، ويدسّه من خلال المسافة الضيقة التي تحدث بين المصراعين. ويمكن **لنجم البحر** أن يستفيد من أية مسافة تحدث بين المصراعين. وقد وجد أن **نجم البحر** يستطيع أن يدسّ معدته خلال مسافة 0,1 مم بين المصراعين، كما أنه لا يتأثر إذا انغلقت حافتا المصراع تماماً على معدته. إن هذا الجزء من المعدة الذي اندسّ في المحّار يأخذ في إفراز مواد هاضمة سرعان ما تصل إلى العضلات المغلقة للمصراع وتتلفها وبالتالي يفتح مصراعا المحّار. ثم تعود المعدة إلى داخل الجسم ثانية ومعها أجزاء المحّار وهي شبه مهضومة حيث يستكمل الهضم في الغدد الهاضمة. هذا، وتعتبر نجوم البحر آفات ضارة تدمّر المحّار في مراقده الطبيعية.

و**خيار البحر** من الكائنات البحرية الغريبة الشكل تتخذ شكل ثمرة الخيار. و**خيار البحر** هذا يتغذى عن طريق لوامسه وتحريكها في الماء وعلى القاع، حيث تعلق بسطحها اللزج مواد عضوية مختلفة حية مثل الأوّليات والدياتومات أو مواد عضوية ميتة. تُدفَع هذه اللوامس داخل الفم ثم تُسحَب إلى الخارج بعد أن تترك العضويات التي كانت عالقة بها في الفم مثل أجناس Tnyone - Holothuria. وفي أجناس أخرى مثل Stichopus، يحفر الحيوان قاع البحر ويبتلع الطين أو الرمل الذي يحفره، أو يكنس الرمال والطين بواسطة لوامسه إلى داخل الفم، حيث تهضَم المواد العضوية الموجودة فيها. تُمتص المركّبات المهضومة بواسطة جدار الأمعاء إلى تجويف الجسم، كما تقوم خلايا التجويف بعبور جدار القناة الهضمية وتنقل الغذاء المهضوم إلى تجويف الجسم وتقوم بتوزيعه على مختلف الأنسجة.

و**الأخطبوط** - من أذكى اللافقاريات - بدون لوامس، لكنه يمتلك ثمانية أذرع طويلة تحمل الآلاف من الممصّات القوية التي تلتصق بجسم الفريسة، وتعطيه

القدرة على التشبث والإمساك بأدقّ الأشياء. وهو لا يجيد السباحة، ويزحف على القاع مختبئاً بين تجاويف الصخور، متخذاً منها قواعد لمهاجمة الفرائس الغافلة التي تمرّ به. **والأخطبوط** مُولَع بافتراس الأسماك والسرطانات والمحاريات، حيث يقبض على الفريسة ويحيطها بأذرعه الثمانية، ثم يثقب هياكلها بمنقاره ويدفع بإفراز هاضم داخلها، ثم يمتصّ أنسجتها المهضومة ويتركها هياكل فارغة.

وقد استطاعت **الأسماك** أن تطور كثيراً من وسائل اصطيادها لفرائسها، بما في ذلك الأسماك التي تعيش في المياه العذبة والمالحة. ففي المياه العذبة في جزر إندونيسيا سمكة يطلق عليها اسم **السمكة الرامية** أو **رامية السهام** Archer Fish. لكن سهامها وطلقاتها من ماء، لا من خشب أو حديد، حيث تقوم بإطلاق سيل من القطرات على الحشرات الطائرة فوق الماء، أو الجاثمة على أوراق النباتات المائية على ضفاف الأنهار، مصيبة إياها بكل دقّة رغم الفروقات الموجودة في انكسار أشعة الضوء بين الهواء والماء.

ونرى في سمك **اللامبري** وسيلة أكثر تخصصاً للحصول على الغذاء، حيث تحوّرت أجزاء الفم ليصبح بشكل القمع، يتحرك فيها اللسان كحركة المكبس، مولّداً حركة مصّ فعّالة. يهاجم الأسماك ويلصق نفسه بها بواسطة القمع الفموي، ثم يمزّق سطح الجسم بواسطة الأسنان الموجودة على اللسان، ويحقن في الجرح مادة مانعة لتجلّط الدم، ويأخذ بعد ذلك بامتصاص الدم من الفريسة بواسطة الحركة المكبسية للسان. ويترك **اللامبري** فريسته بعد أن يأخذ كفايته من الدم وفيها جرح كبير قد يكون قاتلاً إذا كان في منطقة البطن، أو قد يترك السمكة عرضة للإصابات الثانوية إذا كان في المناطق الأخرى من الجسم.

أما **الأسماك الببغائية الجميلة** فتتحوّر أسنانها وتلتحم في منقار قوي يشبه منقار الببغاء، حيث يستطيع سحق وتفتيت كميات هائلة من المحّارات والقواقع والشعاب المرجانية التي تتغذى عليها. ولا ريب في أن هذه الأسماك وغيرها من الأنواع

المشابهة، تلعب دوراً خطيراً في تحطيم الحيود المرجانية والقضاء عليها، وهي أحد العوامل الهامة إضافة إلى العوامل البيئية الأخرى.

ويُعَدُّ أسلوب الاغتذاء - إفتح وارشف Gape and suck feeding - أسلوباً تمارسه معظم أنواع **الأسماك** في العالم، والقاعدة التي تحكم ذلك بسيطة: يؤدي ذلك التمدّد السريع للتجويف الخيشومي والفم إلى إحداث ضغط سلبي (أي مصّ أو رشف) يؤدي بدوره إلى تدفق الماء للداخل، وهذا يزيد من السرعة التي تبتلع بها الفريسة. وعلى نقيض المفترسات السريعة السباحة، والتي تدمج سرعة أجسامها في قوة ابتلاعها لفرائسها، يعتمد المفترس المتربّص على التمديد السريع لتجويفه الفمي كي يباغت فريسته ويقبض عليها، وكمثال على ذلك **السمكة الضفدعية** Frog Fish. فبعد تحليل الأفلام ذات السرعات العالية التي صُوّرت بها تبين أن **السمكة الضفدعية** الشائكة تفتح فمها وتبتلع فريستها في أقل من ست ميللي ثانية.

و**السمكة الضفدعية** والتي تنتمي إلى مجموعة الأسماك الشصّية Angler هي غالباً من المفترسات المتربصة تجذب فرائسها بوساطة عضو مغرٍ Lure يبرز إلى الأمام فوق شقّة الحيوان مباشرة، ويمكن للسمكة أن تلوّح به عندما تكون الفريسة في مجال رؤيتها، وبطريقة تحاكي حركات السباحة الطبيعية للحيوان الذي تحاكيه. أما إذا تصادف أن سبح حيوان مناسب قريب جداً منها، انفتح فم **السمكة الضفدعية** الشبيه بالكهف مبتلعاً ضحيتها السيئة الطالع. ويختلف شكل وحجم العضو المغري من نوع لآخر، فمن شكل كرة بسيطة من النسيج يبلغ قطرها 0,8 سم، إلى تركيب خيطي بالغ التنميق يبلغ طوله أكثر من سنتيمترين. وفي بعض الأنواع يحاكي العضو المغري شكل سمكة صغيرة، أو حيواناً قشرياً أو دودة، **والأسماك الضفدعية** من الأسماك النهمة ولا تدقق في انتقاء أطعمة مفضّلة لديها، ليس هذا فحسب بل إنها تحاول ابتلاع أي شيء في نطاق مرماها، بما في ذلك حيوانات تكبرها قليلاً.

ولا ريب أن ما عُرِف عن **السلاحف** من بطء في الحركة ووداعة في التعامل، سوف يتغير الآن عندما ننظر إلى نوع من سلاحف المياه العذبة - البرمائية - يطلق عليه اسم **ماتاماتا**، والتي تعيش في أمريكا حيث تقتنص فرائسها بطريقة غريبة وعجيبة. فهي تقبع ساكنة في قاع النهر سكوناً تاماً، تاركة بعض رقائقها الجلدية وزوائدها الجسمية كطعم مُغْرٍ في الماء، وما إن تقترب إحدى الأسماك الجائعة كي تلتهم الطعم، حتى تنقضّ السلحفاة عليها بسرعة البرق ملتهمة إياها.

أما **سلحفاة التمساح** - ويا له من اسم - فإنها تقبع كسابقتها في قيعان الأنهار، ككتلة كبيرة خامدة بلا حس أو حركة. وقد تطورت وسيلة الصيد عند هذه عن سابقتها بحيث أصبح لديها زائدة فموية ذات لون أحمر وردي لها شكل ومظهر الدودة. ولا تلحظ الفريسة إلا هذا الطعم الذي تقترب منه لتلتهمه وهي غافلة عما يحيط بها من خطر، فتكون السلحفاة الماكرة أسرع في التهامها، ثم تعود لتنتظر صيداً جديداً.

وسائل أكثر تطوّراً

لا ريب أن **عالم العناكب** عالم غريب ومثير للانتباه، وتختلف وسائل العيش وأساليب الحصول على الغذاء باختلاف الأنواع. ولكن أغربها على الإطلاق هو النوع الذي يتغذى على الأسماك الصغيرة التي يمكن أن يصادفها في المياه الضحلة، حيث يقوم العنكبوت بالقبض على السمكة ثم يقوم بحقنها بالسم في المنطقة القريبة من فم السمكة. وفي المرحلة الثانية، يحقن سمّه في منتصف جسم السمكة وحينئذ يسحب العنكبوت فريسته من الماء بعد أن تصبح غير قادرة على الحركة بسبب حالة الشلل والخَدَر التي أصابتها بسريان مفعول السم، ويقوم هذا العنكبوت الرهيب بالتهام فريسته وهي حية.

أما **الحرباء** هذا الكائن الذي تكثر عنه الشائعات، فهو حيوان وديع بطيء الحركة، وتعتمد في صيدها على لسانها اللزج، حيث تقف مختبئة بين أغصان

وأفرع الأشجار بعد أن تكون قد تلوّنت بلون البيئة المحيطة بها، منتظرة الفرصة للانقضاض على أول فريسة مناسبة تقع في مجال عمل لسانها. ولا يصلح عمل لسان الحرباء على الأرض لأنه يمكن أن يتلوث بالتراب.

ولا ريب أن **دودة الأونـي كوفـور** Onychophores، تملك آلية عمل مختلفة في طريقة التنفيذ ونوعية السلاح المستعمل، ولكننا لن نعرف على وجه الدقة من قلّد أولاً، العناكب أم هذه الدودة؟ تعيش هذه الدودة في المناطق الحارة والرطبة - خاصة مناطق الغابات المدارية - وتتخذ من المستنقعات والأماكن المظلمة والأشجار الكثيفة وأوراق الشجر مخابئ لها، وتقوم بنصب شراكها على شكل ألياف رفيعة دَبِقة ولزجة تقذف بها من غدد تقع على جانبي الرأس لمسافة تصل إلى 50 سم لتكوّن بها شبكة كشبكة الصياد الماهر، بحيث إذا وقعت الفريسة بين هذه الألياف الدبقة لن تستطيع الهرب أو حتى الإفلات مهما حاولت. وتتغذى هذه **الدودة** على فرائس متنوعة (حشرات - ذباب - نحل - حلزون). وهي حيوان رخوي لا فقاري، تمتلك عدداً كبيراً من القوائم الصغيرة المزدوجة، وتتنفس من خلال فوّهات تنفسية موزعة على أنحاء الجسم.

ولا بدّ أنّ هناك كثيراً من الناس تقشعّر أبدانهم ويقف شعر رؤوسهم عند ذكر **الثعابين** أو **الحيّات** التي يمكن أن يكون لها فوائد عديدة ابتداء من استخدام سمها طبّياً وانتهاء بأنواعها التي تنظف أي مكان تحلّ فيه من القوارض والحشرات الضارة وحتى من الثعابين أنفسها. ويتكون غذاء **الثعابين** بشكل أساسي من الثدييات والطيور والسحالي والضفادع والأسماك، وبعضها يأكل البعض الآخر. إلا أن بعض أنواع الثعابين يفضّل طعاماً خاصاً، **فالأفاعي** تفترس صغار القوارض وصغار الطيور وبعض الحشرات، و**حَنَش الماء** يأكل الضفادع والأسماك، وأنواع أخرى تفضل الفئران والسحالي، وأخرى تفضل الديدان. أما كيف تقتل **الثعابين** فرائسها، فبعضها يقوم بقتل الفريسة بحقن سمه فيها قبل تناولها،

والبعض الآخر يبتلعها على قيد الحياة. أما الثعابين الكبيرة الحجم - **العاصرة** - فإنها تلتف بعضلاتها حول الفريسة وتعتصرها حتى الموت أو فقدان التوازن ثم تقوم ببلعها. **والثعابين** التي تأكل أبناء وبنات جنسها قليلة إلا أن لها فوائد كبيرة، **فالناشر البنغالي** يطلق عليه اسم **ملك الحيّات**، ويتميز بألوانه الجميلة المتداخلة بين اللون الأحمر والأسود والأبيض والذي يقوم بقتل الثعابين الأخرى. وثعبان آخر هو ثعبان **المصرانا** غير السام الذي يتغذّى على الثعابين الأخرى بعد أن يقتلها، ثم يقوم بابتلاعها. ويعتبر ثعبان **المصرانا** من الحيّات الأليفة في البرازيل حيث يربّيها بعض الناس لحراسة بيوتهم وتنظيفها من الثعابين الضارة. والمعروف أن الثعابين عندما تصطاد فرائسها وتقضي عليها فإنها تقوم بعملية البلع ابتداء من الرأس إلى النهاية. ويشذّ عن هذه القاعدة أفعى عاصرة يطلق عليها اسم **الكورونيل بوردوليه**، حيث تخنق فريستها ثم تبدأ بابتلاعها من الذنب باتجاه الرأس. وقد يكون حجم الفريسة أكبر من حجم رأس الثعبان، وقد تبلغ أحياناً أربع إلى خمس مرات حجم الرأس، لكن باستطاعة الفم الاتساع إلى زاوية قدرها 135 درجة لاستيعاب الفريسة بسبب المرونة الكبيرة الموجودة في فم الثعبان.

وتقوم **العقارب** باقتناص فرائسها عن طريق الإمساك بها بالكلاّبات ثم حملها إلى المخالب، ولا تقوم بلدغها بإبرتها السامة إلا إذا أبدت مقاومة أو حركة شديدة. عندها تقوم بوخزها وخزتين أو ثلاث فتشلّها، ثم تطحنها المخالب، وتقوم بإفراز بعض العصارات الهاضمة عليها لتسهيل هضمها، حيث يتم تناولها بعد أن تصبح عجينة لزجة، حيث تتم عملية الهضم عند **العقارب** في بعض أجزائها خارجياً - الهضم الخارجي- . وتتغذى العقارب على مختلف أنواع الفرائس الحية من الحشرات إلى الفقاريات الصغيرة كالفئران.

ويلتهم **نمل أفريقيا الأسود** كل شيء حتى ما يموت منه. وعندما يصادف أن تلتقي حشوده في دغل بحيوان مجروح، جاموساً كان أو وعلاً، فإن هذا النمل

الأسود المخيف يقطّعه دون توقف، ويبقى سيل هذه الحشرات ذات الفكاك الضخمة مستمراً بلا انقطاع. وتنتزع ملايين هذه الحشرات الصغيرة الجائعة، عند مرورها بالحيوان المجروح، قطعة صغيرة من الجلد، من الشعر، من اللحم الحي. وبعد مضي ساعات، على مرور جيش النمل، لا يمكن أن يُرى على الأرض سوى هيكل عظمي نظيف بشكل كامل. والحشرة **الدافئة أو الجلاّلة** حفّارة حقيقية. فإذا ما أحسّت برائحة مميزة، كرائحة جُرذ جريح أو طائر نافق، تراها تذهب مسرعة إلى مكانه، ثم تقوم بجرّ هذه الجثث الصغيرة، وتقوم بدفنها، وقبل أن تغمرها بالتراب وتخفيها تماماً، تضع بيوضها في الجسم الذي يغذّي يرقاتها بعد الفقس.

وعندما يسمع أغلب الناس الحديث عن **الخفاش**، يتبادر إلى الذهن مخلوق ليلي بشع، يشبه رأسه رأس الفأر. ويمكن أن يتبادر إلى ذهنهم **دراكولا - مصّاص الدماء**. ولكن الحقيقة أن معظم الخفافيش تتغذى على الحشرات الطائرة (طبعاً هناك خفافيش تتغذى على الثمار أو امتصاص دم بعض الثدييات). وقد يستهلك **الخفاش** الواحد حتى 3000 حشرة أو أكثر كل ليلة. وتلتهم مستعمرات الخفاش الكبيرة مليارات لا حصر لها من الحشرات، وقد تلتهم مستعمرة كهف براكين في تكساس من الخفافيش ذات الذنب الحرّ والتي يزيد عددها على 20 مليون خفاش ربع مليون كغ من الحشرات في ليلة واحدة. ولتفاعل **الخفافيش** مع غذائها سواء كان حشرات أو أزهاراً أثر لا يستهان به على المجموعات البيولوجية، حيث تعتمد كثير من النباتات على الخفافيش من أجل التلقيح، إذ تلقّح الخفافيش الآكلة للرحيق أكثر من 200 جنس من الأشجار والشجيرات الاستوائية وشبه الاستوائية التي تخصّص عدد منها إلى درجة عالية لاجتذاب الخفافيش، حيث لا تتفتح أزهاره إلا ليلاً.

وتؤلف الحشرات والعناكب وجراد البحر والقريدس وسرطان الماء والحلزون والرخويات الأخرى والضفادع والأفاعي والسلاحف كلها فرائس **للتماسيح**. كما

أن الأسماك والثدييات والبط وطيور الغوص والسباحة الأخرى والطيور التي تخوض الماء دون حذر هي مادة جيدة لغذائه، كما يمكن أن تشكل بقايا الحيوانات المتفسّخة جزءاً أساسياً من طعامه. إنه يلتهم حيواناً صغيراً دفعة واحدة، أما الحيوانات الكبيرة فيضطر لتمزيقها وفق طريقة واحدة نظراً لأن فكي **التمساح** المسطّحين وأسنانه الشبيهة بالأشواك لا تسمح له بممارسة طحن الفريسة أو قصّها. **فالتمساح** يقبض بقوّة على فريسته ثم يتدحرج إلى أن تكون الفريسة قد تفتت إلى أجزاء منفصلة، فحجم الفريسة الكبير يمنعها من أن تتدحرج سوية مع التمساح. وأحياناً يمكن للتمساح أن يقتل حيواناً كبيراً ثم يخفيه كي يأكله فيما بعد، بحيث يكون قد تفسّخ مع مرور الزمن إلى درجة يمكن فيها أن يتجزأ بسهولة ويتم ابتلاعه.

ولا بد أن **الطيور**، هذه الكائنات الفريدة التي تمتطي الهواء بسهولة ويسر وتبذل مجهوداً كبيراً في الانتقال، تحتاج إلى كمية كبيرة من الغذاء لأنها ذات نشاط كبير ومعدّل استقلاب عالي. وتختلف **الطيور** كثيراً في أنواع غذائها، فمنها **الطيور النباتية** التي تتغذى على البذور والفاكهة والأوراق النباتية، بينما تتغذى طيور أخرى على **الرمم** مثل النسور، أو تقتنص فرائسها من الفقريات الأخرى مثل الصقور والعقبان، والبوم التي تقتنص العصافير والأفاعي والفئران، كما تصطاد الطيور البحرية الأسماك والكائنات المائية الأخرى. وهناك طيور ذات مدى غذائي واسع حيث أنها تتغذى على أية مادة عضوية مثل **الدجاج أو البط**، أو يمكن أن يكون غذاؤها مقيّداً جداً مثل طائر **الطنّان** الذي يتناول رحيق الأزهار فقط، حتى أنه يكاد يموت جوعاً عندما يتوقف عن التغذية أثناء الليل، لولا أنه يخفّض حرارة جسمه وبالتالي المعدّلات الفيزيولوجية الأخرى المرتبطة بذلك.

لقد تلاءم جهاز الهضم في **الطيور** مع الكميات الكبيرة من الطعام التي تتناولها والتي تعطي الطاقة اللازمة لعملية الطيران. وكقاعدة، تحتاج الطيور الصغيرة إلى

الطعام بكميات أكبر نسبياً من التي تحتاج إليها الطيور الكبيرة. فالكميات اليومية التي تستهلكها طيور **الطنان والصّعو والنمنمة** مثلاً تزيد عن أوزانها، وأحياناً تصل إلى الضعف. إن حاستي الذوق والشم لا تلعبان سوى دور ضئيل في اختيار الغذاء، وإن عدداً قليلاً من المجموعات يمكن لأفرادها مسك الطعام بواسطة مخالبها مثل **العصافير، الطيور الجارحة، الغربان**. لكن **الببغاوات** وحدها تستطيع تناول طعامها بأرجلها وإيصاله إلى مناقيرها.

ويقوم **ببغاء الآراس** ذي الألوان الجذابة خلال الفترة ما بين شهري تموز وأيلول والذي يتحرك في جماعات ملتقطة طعامها من مجموعة صخور ترابية. والسؤال الذي يطرح نفسه لماذا تذهب طيور **الببغاء** إلى هذه الصخور في هذا الوقت من العام خاصة وأنها تستطيع أن تلتقط بمنقارها أي شيء من أي مكان، وهناك أكثر من ألفي نوع من النباتات المنتشرة في المنطقة وتكفي لغذائها؟ وقد أُعطي أول تفسير علمي لهذا السلوك، وهو أن هذا الطير النباتي يحتاج أن يضيف إلى طعامه أملاحاً معدنية، وتلك الصخور الترابية غنية بهذه الأملاح. وهنا ندرك السبب الحقيقي لتعلّق طيور الببغاء بهذه الصخور الترابية وذلك كي تساعدها على التخلص من المواد السامة المخزونة داخل النباتات التي تأكلها. فهذه الصخور والمواد المعدنية التي تحتوي عليها تعدّ بمثابة ضماد للجهاز الهضمي، حيث تتميز بقدرتها على حماية كامل الجسم من التسمم بالبكتريا وغيرها من العوامل الممرضة. إضافة إلى أن هذه الصخور الترابية تحمل خصائص تحمي الجسم من أمراض الأمعاء والقولون وقرحة المعدة.

وتتمة الحديث عن الكميات التي تستهلكها الطيور من الحشرات ودورها في حفظ التوازن البيولوجي، نورد هنا أن زوجاً من طيور **شحرور المانوليا** التي تعشش في إحدى غابات شجر **التنوب العفني** قد يقدم إلى فرخه ما يعادل في المتوسط قدر ملء فم من الحشرات كل أربع دقائق. بينما تحتاج الطيور البالغة من

الناحية الأخرى، إلى كمية أقل من الطعام. ويبلغ ما يأكله طير بالغ من الطيور التي تتغذى على الحشرات يومياً، نحو أربعين في المائة من وزنه، نظراً لِكبر المحتوى المائي فيما يتغذى عليه من يرقات وحشرات أخرى.

أدوات هامة

إذا طرحنا سؤالاً: ما هو أهم عضو من أعضاء الجسم؟ أعتقد أن قليلاً من الناس سيتذكر الأسنان، التي تلعب دوراً هاماً في عملية تناول الطعام ومضغه. فكل الكائنات الحية تعتمد على أسنانها في الإمساك بالطعام وتقطيعه كي يسهل هضمه لاحقاً. وتتباين أهمية الأسنان حسب نوع الكائن الحي، ولعلّ أهميتها تظهر بأجلى صورها لدى القوارض التي هي بحاجة دائمة لاستعمال أسنانها النامية باستمرار، فالقواطع لدى **الفئران** تنمو بمقدار ثلاث سنتيمترات في الشهر. وهكذا فإن هذه الحيوانات إذا ما قضت حياتها دون عمل ودون أن تقوم بقرض أي شيء، فسيبلغ طول كل سن من أسنانها 70 سم أو أكثر عندما تشيخ. كما أن الحيوانات المفترسة التي تعتمد في تغذيتها على الطرائد تصبح عاجزة عن تناول الطعام إذا ما أصاب أنيابها أي ضرر، حيث يُحكم عليها بالموت جوعاً. والأسنان هي التي تحدد عمر بعض الحيوانات. **فالفيل** يعتمد على زوجين من الأسنان القاطعة، زوج في فكّه العلوي وزوج آخر في فكّه السفلي إضافة إلى خمسة أزواج من الأسنان الجنينية. فحين تتآكل الأسنان العاملة، تسقط وتنمو بدلاً منها أسنان جديدة، ويستمر ذلك حتى يتآكل ويسقط الزوج الأخير، عندها يفقد الحيوان القدرة على تناول الغذاء ثم تكون نهايته.

وتتسم الأسنان بأهمية كبرى بالنسبة للأسماك المفترسة، فسمكة **القرش** تمتلك في كلا الفكين أسناناً مرتبة بانتظام ذات رؤوس حادة متجهة نحو الخلف للإمساك بالفريسة بقوة تمنعها من الإفلات. إن العبء الأكبر من عملية الصيد يقع على عاتق الأسنان الأمامية التي تتعرض للتآكل باستمرار وبسرعة. ولذلك فإن أسنان

القرش تتميز بأنها في تحرك دائم ـ من الخلف باتجاه الأمام ـ حيث تدفع الأسنان الخلفية رفيقاتها الأماميات مسقطة إياها بعد أن تكون تآكلت واهترأت. وهكذا تحافظ أسماك القرش على فكوك قوية ومرتبة تمكنها من العيش بهناء والصيد بشكل مستمر. وفي الحقيقة، فإن هذه الأسنان التي يفتخر بها كل مالك لها، إنساناً كان أو حيواناً، والتي يصفونها ـ بحبّات اللؤلؤ ـ تأكيداً لجمالها وانتظامها، قد انتقلت إلى أماكن أخرى من الجسم لدى بعض الكائنات الحية. فسمك **الشبّوط** مثلاً ذو فم نظيف تماماً، لكن حذار أن تمدّ يدك إلى البلعوم، لأن الأسنان حينها ستكون لك بالمرصاد، حيث تجري عملية المضغ والطحن في البلعوم.

وهناك أنواع من **الأسماك والسلاحف البحرية** توضّعت فيها ما يسمى ـ بالأسنان الكاذبة ـ التي هي عبارة عن أشواك حادة تتجه برؤوسها إلى الداخل لمنع الفريسة من الهرب. ولكن كيف تتعامل الكائنات الحية الأخرى التي لم تمتلك أسناناً حقيقية أو كاذبة؟ لقد ابتكرت **الطيور** وسيلة أكثر دهاءً. فعندما نقوم بإعداد طائر ما لوجبة غداء أو عشاء نلاحظ في كثير من الأحيان حصى متنوعة وبأحجام مختلفة في معدته، وتشبه وظيفة هذه الحصى وظيفة الأسنان. ففي معدة الطير السميكة الجدران والقوية جداً، يجري بسهولة طحن الحبوب بين الحصى الموجودة هناك كما تُطحن تلك الحبوب في الطاحونة.

والطيور ليست وحدها ببالعة الحصى. فكثيراً ما تجد قطعاً ضخمة من الحجارة يتراوح وزنها بين 350 – 500 غ، وقد احتلت مكانها في معدة **الحوت وفيل البحر والفقمة**. وابتلاع الحجارة كثيراً ما يجري في تلك الأوقات التي تتوقف فيها الحيوانات عن تناول طعامها لفترة طويلة. ومن هنا ظهر الافتراض القائل بأن ابتلاع الحجارة إنما يقي المعدة من الضمور. وبتعبير أدق فإن هذه الحجارة تتيح المجال أمام المعدة لمواصلة عملها حين لا تجد ما تهضمه. في الحقيقة، وبعد إجراء التجارب، وُجد أن سبب ابتلاع الحجارة، كي تكون بمثل ثقل للموازنة

تساعد الحيوانات البحرية على الغوص في الماء. وقد تم العثور في معدة بعض الفقمات على كمية من الحجارة وصل وزنها إلى 11 كيلو غراماً.

ولا بد أن الكائنات الحية التي افتقدت إلى الوسائل الآنفة الذكر قد تواجدت لديها وسائل أكثر تلبية لاحتياجاتها. فالعديد من **الحلزونات** ذات الخياشيم الأمامية تتغذى بالرخويات وبالأنواع الضخمة منها بشكل خاص. علماً بأن هذه الأنواع تكون مختبئة في صدفات قوية ومتينة. لذلك تلجأ هذه الحلزونات إلى استخدام الكيمياء في عملية الطحن والسحق هذه، إذ تقوم بتبليل الصدفة بلعابها الذي هو عبارة عن محلول حامض الكبريتيك بتركيز قدره 4%. وليس في الأمر ما يدعو للدهشة والاستغراب. فلئن كانت الغدد في معدة الإنسان تفرز حامض الهيدروكلوريك، فما الذي يمنع الحلزونات إذاً من إفراز حامض الكبريتيك؟ والحلزونات حين تنقض على فريستها نراها تفرز قطرة من لعابها تذيب به منطقة صغيرة من الصدفة. بعد ذلك يقوم **المفترس** بتنظيف الثقب الذي حفره بلعابه، ومن ثم يمدّ خرطومه في ذلك الثقب ليبتلع فريسته البريئة بكل سهولة.

إن عملية **البَلْع** لدى الكائنات الحية بحاجة إلى الغدد اللعابية الكبيرة والصغيرة التي تبلّل اللقمة وتصبح أكثر سهولة أثناء تناولها. لذا، فالكائنات الحية التي لا تمتلك غدداً لعابية مثل **السلاحف الأوروبية** التي تعيش في المستنقعات نراها تشرب كمية كبيرة الماء، وراء كل لقمة طعام تتناولها. واللعاب لدى غالبية الحيوانات يحتوي على إنزيمات وخمائر تُظهر أول تأثير كيميائي على الطعام. فعملية المضغ الجيد للطعام تؤدي إلى تبلله باللعاب وهضمه جزئياً في الفم، مسهلاً على المعدة عملية استكمال الهضم النهائي. **والنمل** الذي يبني مساكنه من أوراق الشجر يعمل على الاستعانة بيرقاته رغم ضعفها في بناء مسكنه. والسرّ في ذلك أن لعاب هذه اليرقات هو إفراز شديد اللزوجة يلعب دور المادة اللاصقة التي تستخدمها الشغالات في لصق طرفي الورقة وإصلاح ما يطرأ على البيت من خلل.

أما جنس **النحل البنّاء** – ماسون- المعروف باسم **كاليكودوما** والذي يقطن جنوب أوروبا، فكثيراً ما يبني أعشاشه فوق الصخور الكبيرة. ويبني كل فرد من هذا الجنس خلاياه من الطين والحصى الصغيرة بعد أن يمزجها بلعابه. ويطلي جدار عشّه من الخارج بطبقات من هذا اللعاب إلى أن يصبح كالقبّة في حجم نصف البرتقالة.

أما **ناشر الخشب الأخضر** فيستخدم لعابه كوسيلة للصيد، حيث يقوم هذا الطير بتغطية لسانه بطبقة سميكة من اللعاب، حيث يمدّ لسانه الطويل لمسافة عشرة سنتيمترات داخل عش نمل، ليلتقط اليافع من الحشرات وكذلك العذارى التي يستطيع أن يسحبها بمهارة حتى يمتلئ فمه، ويحصل على وجبة لذيذة. وفي أمريكا الاستوائية، تتخصص بعض **الطيور** ذات الألوان الهادئة، في تتبع أسراب جيش النمل، حيث تتغذى على الحشرات المختلفة الأخرى المدفوعة أمامها في الغابة.

وقد استطاع العصفور **نقار الخشب** - أحد عصافير داروين المشهورة - والتي وجدت في جزيرة **جالاباجوس** أن يهيئ لنفسه وسيلة يحصل بها على يرقات الحشرات التي تنخر الخشب، والذي لا يستطيع الوصول إلى ما به من ديدان صغيرة بمنقاره. وذلك بأن يلتقط أحد الأغصان، أو إحدى أشواك نبات الصبّار، التي يبلغ طولها خمسة سنتيمترات أو نحو ذلك، ثم يُدخلها في الفجوة ليحصل على يرقات الحشرات بصورة تذكرنا بالملقاط المسنّن، الذي تلتقط به المقبّلات في حفل كوكتيل. ويعتقد أن هذا هو الطائر الوحيد الذي يستفيد من هذه الوسيلة للحصول على طعامه.

والأمر الأكثر إثارة للدهشة هو أن حوالي خمس طيور العالم يتغذى غالباً على الرحيق الموجود في الأزهار. وتوجد معظم هذه الطيور، على وجه التحديد، في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية. ولا يتجاوز طائر **النحل الطنّان** في كوبا ستة

سنتيمترات طولاً، وهو أصغر الطيور الطنانة، بل إنه يصغر بعض فراشات **أبي الهول** التي تحاكيه في الشكل الخارجي، وفي طول الجناح وحركته.

ورغماً عن صغر حجم هذا **الطنّان،** إلا أن طاقة الاحتراق لديه كبيرة جداً. ولو أن إنساناً عادياً يبلغ وزنه 80 كغ، ووجب عليه أن يبذل نفس جهد هذا الطائر لاحتاج إلى 130 كغ من الهامبرجر، أو ما يوازي ضعف وزنه من البطاطا، كما أنه يحتاج أن يتعرّق ما يعادل 45 لتراً من الماء، كي يحفظ درجة حرارة جلده دون درجة الغليان.

ورغماً عن وجود مائتين وستين طائراً اعتبرت تصنيفياً من الطيور البحرية، إلا أن هناك ستمائة أخرى يمكن أن نلقبها بالطيور المائية، مثل طيور البِرَك، والشواطئ، والمسطحات المائية، والمستنقعات والمياه الناتجة عن حركتي المد والجزر. وقد يتحوّل بعض الطيور لفترة من السنة إلى طيور بحرية، أو على الأقل إلى طيور ساحلية. وتوجد **طيور الفتنة** ذات الأرجل الطويلة وهي **البلشونات، واللقالق، والغرانيق، وطيور أبي منجل، وأبي ملعقة** والبالغ عددها مائة وعشرين نوعاً في المياه الضحلة، والمستنقعات، حيث تتغذى على ما تلتقطه من أسماك، وضفادع، وزواحف صغيرة، وقشريات، وحشرات كبيرة. وقد لاحظ أتباع إسحق دالتونI. Dalton أن أحسن أماكن الصيد صيد الأسماك هي تلك الروافد التي سبق وتواجدت بها طيور **البلشون،** التي تعمل على تنظيف المياه بما تخرجه من مواد نتروجينية (آزوتية) والتي تعمل على زيادة الأسماك.

ولا بد من الذكر أن كلاً من الطير والبيئة قد ارتقيا معاً. فالصياد الذي يصطاد بطة يلاحظ أحياناً وريقات بيضاوية صغيرة ملتصقة بالريش تعرف بحشائش البط أو **اللمنا،** وهذه تتكاثر بالتبرعم، لتعطي وريقات خضراء تنفصل عن الفرع الأم لتكوّن نباتاً جديداً. ويتغذى جميع بط المستنقعات على **اللمنا،** التي تلتصق وريقاتها

الدقيقة أثناء السباحة بريش البط، وبهذه الوسيلة ينتقل النبات من مكان إلى مكان آخر عبر المستنقعات، محققاً انتشاراً ووجوداً مستمراً له وللبط.

وعلى العكس مما يراه بعض هواة الصيد، يجب أن لا يُنظر إلى الطيور الجارحة على أنها طيور تسبب الدمار، ذلك لأنها غالباً ما تفترس الأفراد الضعيفة أو غير الصالحة، وبالتالي تعمل على تنشيط الحيوية من خلال الانتخاب الطبيعي، لذا فهي ضرورية لصحة وبقاء الحياة الطبيعية.

وقد اتُهمت **الرخمات السوداء** - طيور رمّية - في وقت من الأوقات بأنها تسبب انتشار كوليرا الخنازير، ولكن لا توجد في الحقيقة مجموعة صحية ترتقي إلى كفاءة الرخمات السوداء، أو الرخمات ككل بصورة عامة. فأجهزتها الهضمية قادرة على تحطيم البكتريا، وحتى موادّها الإخراجية، يحتمل أن تكون مواد معقّمة ذات فاعلية كبيرة. ويلاحظ أن رأس الرخمة عارٍ، وبذلك تتعرض البكتريا التي تعلّق به لأشعة الشمس فتقتلها.

ويتخصص **الطائر السكرتير ذو الريش**، الذي يشبه القلم والذي يتدلى من خلف الأذن، في اقتناص الثعابين، ولهذا غطيت أرجله بحراشف قوية. وكذلك يحمي **حوّام النحل** المغرم بالزنابير نفسه بدرع وجهي، يتضمن ريشاً حرشفياً صغيراً بين العين والمنقار والجبهة.

وتحمل **الحِداء** التي تتغذى على قواقع - **البوماسيا** - شوكة على فكها العلوي، وقد ظنّ علماء الطيور لعدّة سنوات، أن هذه الشوكة تعمل على التقاط القواقع، ولكن وُجد أخيراً أن الطير يقبض بمخالبه على القوقع، ثم ينتظر حتى يغامر الحيوان بالخروج من مكمنه الصدفي، فيشكّه بوساطة شوكته التي تثقب مركزه العصبي، وبذلك يستطيع أن يلتهمه بعد شلله..

الفصــل الخامــس

الاستِكْشَـافُ بِالصَّـدَى

الاستكشاف بالصدى

يُقصد **بالاستكشاف بالصدى** أن يرسل الحيوان صوتاً ثم يتلقى الموجات المنعكسة من هذا الصوت عندما تصطدم بأي جسم صلب. لم تدرس هذه الظاهرة إلا منذ عهد قريب في القرن الماضي، رغم أنها واسعة الانتشار في العالم الحيواني، إذ توجد في **الحشرات والثدييات والطيور**. وقد استُند على هذا المبدأ في صنع جهاز الكشف عن الغواصات sonar. وقد كان أول من بحث في هذا الموضوع العالم الإيطالي سبالانزاني spallanzani في أواخر القرن الثامن عشر، حين غطّى أعين **الخفافيش** بالشمع ثم أطلقها في غرفة جهزت بخيوط مربوطة بين السقف والأرض، ووجد أن خفافيشه تطير بين هذه الخيوط دون أن تصطدم بأي منها.

أعاد العالم السويسري جورين jurin هذه التجربة وغطى آذان **الخفافيش** بالإضافة إلى تغطية أعينها ففقدت مقدرتها على تبين العوائق خلال طيرانها واقترح مع (سبالانزاني) أن الخفافيش ترى مستعينة بآذانها.

لم يصدّقهما أحد، وقدّم العالم المشهور كوفييرcuvier تفسيراً آخر على نحو ما تبين بعد ذلك أنه موجود في الأسماك، وهو أن الخفافيش تشعر بضغط الهواء بينها وبين تلك العوائق بواسطة حاسّة لمسية رهيفة موجودة في جلد الأجنحة. وقد ثبتت صحة هذا الاكتشاف حديثاً بالنسبة للأسماك التي تشعر باهتزازات الماء المرتدة من أي جسم صلب عند اقترابها منه، لكنها غير صحيحة بالنسبة للخفاش.

في الثلاثينيات من القرن الماضي، أثبت العالم غريفن griffin وكان في ذلك الحين طالباً في "جامعة هارفارد"، أنّ **الخفّاش** يصدر أصواتاً ذات ترددات عالية لا تسمعها الأذن البشرية، ويستخدم صدى تلك الأصوات للاستدلال على العوائق التي تعترض سبيله. استعان (غريفن) في أبحاثه بأجهزة تسجيل خاصة لإثبات

ذلك، وانضمّ إليه جالامبوس galambos، حيث قام الاثنان معاً بعمليات دقيقة، غُرِست خلالها إلكترودات مناسبة في الأذن الداخلية للخفّاش، وحدّدوا تردد الأصوات التي يمكن لتلك الأذن أن تشعر بها، فوجدا أنها في حدود 1500 ذبذبة في الثانية، وفي خفافيش من نوع آخر بين 40000 - 80000 ذبذبة في الثانية (أذن الإنسان حساسة لترددات بين 16 - 20 ذبذبة ألف في الثانية). جرت بعد ذلك أبحاث كثيرة في هذا المجال، وتبين أن الخفّاش يرسل الصوت بشكل (صرخة) لا تزيد مُدّتها على عُشْر الثانية، وتقصر مدّتها عن ذلك إذا احتاج الخفّاش إلى دقة أكبر في التحديد، فيرسل صرخات قصيرة جداً (1000/5 من الثانية ومتتالية تصل حتى 250 مرة في الثانية)، كي يحدد تماماً الجسم الذي أمامه ويعدّل طيرانه تبعاً لذلك.

إنّ جهاز السونار في الخفّاش بالغ الدقة، فهو يشعر بالأجسام الدقيقة التي لا يزيد قطرها على عُشْر الميليمتر، وفي تجارب الأسلاك المشدودة في الغُرف، يتفادى تلك الأسلاك وَلَوْ كانت بقطر أقلّ من ذلك. ولم يفقد قدرته على تحديد مكان السلك، إلاّ عندما وصل قطر السلك إلى 0,07 ميليمتر فأقل.

إنّ الهدف الرئيس لوجود السونار هو الحصول على الغذاء، حيث تتغذّى الخفافيش على الحشرات. ويستطيع الخفّاش بسهولة أن يحدّد موضع بعوضة طائرة لا يزيد وزنها على 2 ملغ ويصطادها بسرعة فائقة. وقد حسب (غريفن) من تشريحه لخفافيش في تجارب خاصة، أنّ الخفّاش يصطاد بعوضة كل 6 ثوان، ومن بين خفافيش الليل تلك، يمكن على سبيل المثال ذكر **الخفافيش ذوات الأنوف الملساء** التي تتعلّق بأقدامها على الغصن وهي ترصد فريستها، وذلك عن طريق تدوير رأسها بكافة الاتجاهات وإرسال عدد من الإشارات يتراوح بين /10 و20/ إشارة في الثانية، تتكوّن من قرابة /50/ ذبذبة صوتية تبدأ على تردد قدره /90 ألفاً/ وتنتهي بتردد قدره /45 ألفاً/، أي أنّه لا يوجد في إشارة إرسال واحدة ولو

إثنان من الترددات المتشابهة. وحين تكتشف الفريسة ، يزداد تردّد إشارة الإرسال حتى /200/ ذبذبة في الثانية، أمّا فترة تلك الإشارة فتتقلّص حتى /0,001 ثانية/.

ويرى العلماء أنّ خفّاش الليل بتعيينه لاتجاه تحليق فريسته، فإنّه يسترشد بتغيّر طول الموجات الصوتية للصدى، بالمقارنة مع طول موجات النبضة الموضعية. فإذا كانت الفريسة تتحرك باتجاه خفّاش الليل، فإنّ الموجات الصوتية المنعكسة تكون أقصر، وتبدو وكأنّ الفريسة نفسها تقوم بامتصاصها. وكلّما زادت سرعة تحليق الفريسة، زاد امتصاص تلك الموجات وزاد علوّ التركيب الصوتي للصدى وزاد انخفاض تردّد الصوت الذي يصل إلى أذن المفترس.

وجهاز تحديد الموقع بالصدى الذي تملكه خفافيش الليل متطور إلى درجة تجعل بوسع تلك الحيوانات التمييز ما بين قطعة من القماش المخمل وبين الخشب المضغوط، إذ أنّ كلّ مادة تقوم بطريقتها الخاصة بعكس الموجات الصوتية. فانعكاس هذه الموجات من السطوح الملساء يتم بشكل أكثر كمالاً بالمقارنة مع السطوح الخشنة، أمّا السطوح الطريّة، فتقوم بإخماد تلك الموجات. وبهذا فقط يمكن تعليل السبب الذي يجعل خفافيش الليل ترتطم أحياناً برؤوس الحسناوات من ذوات تسريحات الشعر الطويل. فالحيوانات المسالمة هذه لم تكن تنوي الإساءة إلى بنات حوّاء وهدم تسريحات شعرهنّ، لا بل كل ما في الأمر هو أنّها لم تتلق أية إشارة منعكسة من تلك الرؤوس الجميلة، فظنّتها فراغاً وارتطمت بها.

وخلال الدراسات التي جرت على **الخفافيش،** اكتُشفت بعض الأنواع التي تستخدم الموجات الصوتية **لاصطياد السمك** وهو تحت الماء. ولبيان الحساسية الفائقة لأذن مثل هذا الخفاش لا بدّ أن نذكر بأنّ 99,9% من الصوت ينعكس عن سطح الماء و0,1% فقط هو الذي يستمرّ في سيره. وعندما تصطدم هذه الاهتزازات بجسم سمكة، فإنها تنعكس عنها حيث يُساهم الكيس السباحي في ذلك بدورٍ رئيس لأنه جسم مليء بالهواء، حيث تنعكس الموجات الصوتية عنه أكثر مما

تنعكس عن جسم السمكة. ترتدّ الموجة المنعكسة إلى أعلى، وعندما تغادر الماء إلى الهواء يضيع منها ثانية 99,9%. ويشعر الخفّاش بهذا الجزء الضئيل المتبقّي، ويحدّد موقع السمكة وسرعتها واتجاهها وينقضّ غاطساً تحت الماء كي يمسك بها بأرجله وينطلق طائراً مرة أخرى.

وبعض أنواع **الخفافيش الصائدة للأسماك** ذات شفة سُفلى مشقوقة في وسطها تتدلّى إلى أسفل، ويُعتقد بأنها توجّه النبضة الصوتية إلى الأسفل باتجاه سطح الماء. وتُوجد تراكيب مناظرة لذلك في بعض **الخفافيش الصائدة للحشرات**، حيث تنمو انثناءات جلدية حول فتحتي الفم والأنف كي تُكوّن ما يشبه البوق. ووظيفة هذا التركيب هي إرسال نبضة صوتية موجّهة في حزمة ضيقة، وبذلك يزداد مداها بدرجة كبيرة.

إضافة إلى ذلك فإنّ **خفافيش الليل الماصّة للدماء** (النزّافة)، تقوم بإرسال نبضة تحديد الموقع بواسطة مناخيرها، وليس بواسطة فمها. حيث تُداهم البشر والخيول والمواشي وتمتص من الدم قدر ما تشاء. إلاّ أنها نادراً ما تتمكّن من امتصاص دم الكلاب، ويبدو أنّ السبب في ذلك يعود إلى أنّ الكلاب تسمع نبضات تحديد الموقع التي ترسلها (النزّافة)، فتستيقظ من نومها وتقف لها بالمرصاد كي تردّها على أعقابها.

ومن الطيور التي تعتمد على هذه الخاصية **طائر الزيت** oil bird الذي يعيش في أمريكا الجنوبية وجُزُر ترينيداد، حيث يبني أعشاشه داخل الكهوف المظلمة ويبقى قابعاً فيها طوال النهار، فإذا أتى الليل، ينطلق إلى الخارج حيث يتغذّى على الفاكهة الطازجة. وبالتالي، فهو يقضي معظم وقته في الظلام ويستعين بالصدى خلال طيرانه. ومن أشهر الطيور ذات القدرة على تحديد الموقع بالصدى هو ذلك الطائر المسمى **الغوان** والذي يعيش في جزر البحر الكاريبي ودول أميركا اللاتينية القريبة من هناك، ومثل هذه الطيور تتميّز بضخامة حجمها ذي اللون البنّي المرقّط

بالأبيض، وبجناحين يبلغ طولهما متراً واحداً تقريباً، وعادةً ما تكون شبيهة بالصقور الكبيرة. وتعيش هذه الطيور حياة ليلية، إذ تراها تقضي طيلة النهار في الكهوف حيث تبني أعشاشها في أماكن لا يمكن لأحد الوصول إليها. أما في الليل، فإنها تغادر البيت بحثاً عن الطعام وتجني قدر ما تستطيع من ثمار الأشجار الاستوائية، ثم تعود إلى الكهف حين يبزغ الفجر.

وتُرى هذه الطيور تتنقل بحرّية في دهاليز وممرّات الكهوف المظلمة دون أن ترتطم بالجدران أو بأيّة بروزات، ذلك لأنّ أصواتها تنير لها الدرب بشكل أفضل. وخلال تحليقها تقوم هذه الطيور بإطلاق أصوات متكررة قصيرة الأمد بنطاق قدره /7000/ ذبذبة في الثانية. وبالتالي فإن سرعة انتشار الصوت تفوق سرعة تحليق الطائر بما يتراوح بين /12 - 15/ مرّة. ولهذا فإنّ الإشارة الصوتية المُرسَلة تصل إلى العقبة وتعود إلى مصدرها ثانية خلال فترة تقلّ بكثير عن تلك التي يستغرقها تحليق الطائر. وهكذا فإنّ الطائر يحصل في الوقت المناسب على معلومات كافية عن أقرب العقبات التي قد تعترض طريقه. كما تستخدم طيور ليلية أخرى تسمّى **بالخطاطيف الأوروبية** marhet طريقة لتحديد الموقع بالصدى أيضاً.

أمّا في عالم **الحشرات**، فهناك بعض أنواع من **الحشرات الطفيلية** من رتبة غشائية الأجنحة التي تستطيع اكتشاف عوائلها داخل الأخشاب وضمن الأنفاق وحتى تحت سطح الماء، وذلك بإرسال ذبذبات خاصة تستقبل ارتدادها على قرون الاستشعار، فتحدّد مكان وجود العائل فيه، وترسل آلة وضع البيض إلى داخل النفق لتضع البيض على العائل السيئ الحظ مباشرة والذي سيكون مأوىً وغذاءً لليرقات الفاقسة حديثاً.

وهناك بعض **الحشرات** التي تمكّنت ومنذ زمن بعيد من اكتشاف سر انعكاس الموجات الصوتية، وعملت على تمويه نفسها بحيث تصبح غير مرئية وتستطيع اتّقاء شرّ تلك الخفافيش النهمة، فراحت ترتدي ثوباً من الزغب الكثيف والناعم.

وهذا ما يمكن رؤيته لدى غالبية **فراشات الليل** - طبعاً وفق قانون الانتخاب الطبيعي - بحيث أنّ الفراشات الليلية التي لا تمتلك الزغب زالت ولم يبقَ إلاّ تلك التي تمتلك الزغب الكثيف والناعم. ومثل هذا الثوب لا يُراد منه حماية الحشرة من البرد القارس بل إنّه يعكس الموجات الصوتية ليجعلها على شكل صدىً ضعيف جداً وغامض للغاية، بحيث لا يمكن للخفّاش ملاحظته، فتواصل الفراشة سيرها بهدوء و طمأنينة. أمّا إذا كان للفراشة تلك جهاز لاستقبال الصوت تم توليفه على موجة لاقط المفترس الليلي، فإن احتمال بقاء الحشرة على قيد الحياة سيتعاظم جداً، ذلك لأنّ الفراشة إذا ما أرادت إنقاذ نفسها، فما عليها إلاّ أن تضمّ جناحيها وتسقط على العشب كجثة هامدة.

ومن الأمثلة الهامّة على استخدام السونار، الكائنات الحية التي تعيش في الماء **كالدلفين والحوت،** هذه الكائنات التي تعتمد كلياً عليه في التعرف على المنطقة التي تسبح فيها والتي تمتد مسافات شاسعة وكذلك في الحصول على غذائها. حيث تعتمد على حاسّة السمع كوسيلة اتصال بين بعضها البعض وبالبيئة حولها. وهي تُصدر لهذا الغرض أصواتاً متعددة متباينة تنتقل في الماء على شكل أمواج صوتية ترتدّ إذا اصطدمت بشيء في طريقها. وبتلقّي الحيتان للصدى المرتدّ، تتعرف على ماهيّة الجسم العاكس واتجاهه وبُعْده، كما يفعل الخفّاش أو سفينة سبر الأعماق. فالصدى المرتدّ عن سرب سمك يختلف عن الصدى المرتد عن صخرة كبيرة.

ويبدو أنّ ذاكرة الحوت الصوتية حفّاظة لهذه الأصوات بحيث تتجمع فيها (صورة صوتية) للبيئة المحيطة، وهذا الأمر مهم ليس في التعرف على الموقع فقط، بل في البحث عن الغذاء أيضاً. وتجري حالياً دراسات استراتيجية على بعض أنواع الحيتان للاستفادة من هذه الخاصية في وسائل الدفاع البحري.

وقد حدث في أمريكا وفي أماكن أخرى من العالم أنّ بعض الحيتان كانت تُلقي بنفسها على الساحل. ولما تكررت هذه الظاهرة، فُحصت تلك الحيتان فحصاً دقيقاً،

فتبيّن أنّ القناة الهضمية خالية من الغذاء ووُجد بعد ذلك أنّ الأذن الداخلية **للحيتان** مُصابة بطفيليّات أتلفتها، ففَقَد الحوت مقدرته على الحصول على الغذاء وعلى قياس عمق الماء والتعرف على البيئة التي يسبح فيها، وبذلك كان يضلّ طريقه ويصل إلى الشاطئ حيث يعجز عن الحركة في المياه الضحلة ويموت.

كما أنّ سمك **القرش** يمتلك القدرة على تحديد أسماك على بعد أكثر من 300 متر. وهذه القدرة هي التي تجعل سمك القرش مفترساً مميتاً. إنه يستطيع أن يحدد مكان **السمك المسطح** الذي يدفن نفسه تحت الرمل بالاتجاه نحو الإشارات الإلكترومغناطيسية التي تُصدرها تلك الأسماك. ويعتقد بعض العلماء أنّ أسماك القرش قادرة على التقاط الإشارات الإلكترومغناطيسية من الأرض والاستعانة بها للإبحار في رحلات لمسافات هائلة في المحيطات.

لكنّ أعجب ظواهر الكائنات الحية المائية غير المألوفة، ربما يكون **السمك الراداري** الغريب الذي يُمكن مشاهدته في حويض الأسماك في متحف فرنسا عبر البحار. لقد التُقط هذا النوع من السمك في أعماق مغارات مظلمة في المياه الجوفية لنهر مداري. وهو لم يعد محتاجاً لعيونه في ليل هذه المياه، لذا فقد فقدها وأصبح أعمى وأخذ يتوجه كالخفّاش بواسطة الرادار أثناء تجواله بين الصخور وفي أماكن معيشته في المغاور الأفريقية المائية.

والعجيب حقاً هو ما يتميّز به هذا السمك الراداري، فعند وضعه في وسط مائي مضاء جداً بنور كهربائي، أخذت تنمو لديه عين واحدة وعصب بصري في وسط جبينه ويتلوه ارتسام عين. وبهذه العين الجديدة يستطيع هذا السمك خلال عام أو عامين أن يتجه في الماء نحو هدفه دون مساعدة الرادار.

ويبـدو أنّ الاستكشـاف بالصـدى واسع الانتشار في **عالم الكائنات المائية**، فقد قامت الباحثة د. رينوف Dr. Rinof من جامعة ميموريال بدراسات هامة في مجال سلوك الحيوانات، وبخاصة **الفقمات**. ومن هذه الدراسات كانت واحدة حول

سلوك التغذّي عند الفقمات، وهل تستخدم مبدأ الاستكشاف بالصدى في الحصول على غذائها إضافة إلى وسائلها الأخرى، خاصة أن الفقمات ليلية النشاط. والسؤال الذي طَرَحْته هو: كيف يتسنى لفقمة الموانئ التي تُمضي فترة طويلة من حياتها في مياه مظلمة تصل الرؤية فيها إلى الصفر وتتغذى غالباً في الليل، على غذائها الذي يتجاوز ثلاثة كيلوغرامات من السمك أو أكثر يومياً؟

اقترح ت. س. بولتر T. S. Polter من مؤسسة ستانفورد للأبحاث وآخرون غيره في الستينيات من هذا القرن، أن **أسود البحر** الكاليفورنية تجد فريستها وتميزها بالاستشعار بالصدى، وهو المبدأ الذي اكتُشف لأول مرة لدى **خفافيش،** ثم وصف لدى **الطيور والدلافين**. وعلى الرغم من أنه لم يوضّح أحد بصورة قاطعة أن أسود البحر أو زعنفيات الأقدام الأخرى تستطيع أن تستشعر بالصدى، إلا أن هناك من الدلائل المتزايدة ما يوحي بقدرة فقمة الموانئ على أن تفعل ذلك.

ففقمات الموانئ تطلق طقطقات صوتية: أصواتاً (واسعة التواتر broad frequency) تنطلق في دفعات قصيرة سريعة، غالباً في الليل. وتبين التسجيلات التي تم استخدامها لهذه الأصوات أن كثيراً من الطقطقات هي في (المجال فوق الصوتي ultrasonic rang) أي فوق حدود إمكانية السمع عند الإنسان، وهي (20 كيلو هرتز)، وتزداد هذه الطقطقات عندما يتم إطعام الفقمات ليلاً وهي في الأسر.

وقد تمكن موهل Mohel عام 1968 أن يبيّن أن فقمة الموانئ تستطيع اكتشاف ترددات صوتية تصل إلى 180 كيلو هرتز، وأنها أكثر ما تكون تحسساً للتردد 32 كيلو هرتز (بعكس البشر الذين يتمتعون بمجال تحسس يتراوح بين 0,02 - 20 كيلو هرتز). ولوحظ أن طقطقات بعض فقمات الموانئ تصل إلى ذروتها في التردد الذي يبلغ 40 كيلو هرتز، وهو القريب من 32 كيلو هرتز الذي يمثل التحسس الأعظمي للفقمات، أما على اليابسة حيث لا يكون للاستشعار بالصدى

أهمية كبيرة بالنسبة للفقمات (لأنها تتغذى في الماء فقط) فإن الفقمة لا تستطيع تحسس الأصوات ذات الترددات التي تزيد كثيراً على 16 كيلو هرتز، وهي لا تصدر طقطقات، وبالعكس تصبح لغتها زمجرات وشخرات منخفضة التردد.

وقد قامت الباحثة د. رينوف Dr. Rinof بتخطيط تجربة مع أحد طلابها، لاختبار قدرة استشعار الفقمات في الأسر للصدى. وكانت الغاية معرفة ما إذا كانت تستطيع التمييز بين حلقتين بشكل واحد ووزن واحد، إحداهما مملوءة بالماء والحلقة الأخرى مملوءة بالهواء، لكنهما تختلفان بخصائصهما فيما يتعلق بعكسهما للصوت، حيث لا يمكن للفقمة التمييز بين الحلقتين إلا بطريقة واحدة هي الاستشعار بالصدى.

وبعد 26 دورة تدريب، تمكنت الفقمة من التمييز الصحيح للحلقة المملوءة بالهواء في (75 - 80%) من الحالات، وهي إشارة جيدة إلى أن الحيوان أصبح بإمكانه التمييز بين الحلقتين. وبالتالي فإن هذه النتائج توحي بأن الفقمة تستطيع الاستشعار بالصدى.

الفصـــل الســـادس

النَّـــومُ والسُّـــبَاتُ

النــوم والسُّبات

إن العلاقة بين الأرض والحياة علاقة تغيّر مستمر، فتغيّر مكوّنات الأرض الرئيسة يؤدي إلى تغيّر الطبيعة والتي تؤثر بعمق في الحياة بسبب تغيّر الفصول. وهذا التغيّر يجلب الموت لبعض أشكال الحياة، ويجعل بعضها الآخر قادراً على البقاء، كما يجعل بعضها في محاكاة للحياة فقط، ويكون لبعضها فترة سكون وراحة، إذ أنّ مجيء فصل الشتاء في المناطق المعتدلة والباردة جداً يُتلف بعض النباتات الخضراء ويعيق نشاطها ونشاطات غيرها إلى حد كبير .

فالنباتات الحولية (التي تعيش لمدة عام واحد ثم تموت بعدها) تموت مخلّفة وراءها بذورها، تلك البذور التي تبقى هاجعة خلال الفصل البارد حتى يأتي الفصل المعتدل، فتستيقظ وتنشط وتشرع في عملية تجديد أنواعها. أما النباتات ذات الحولين فإنها تطّور إنتاجاً جديداً من أجزائها النامية تحت الأرض في الربيع التالي. أمّا النباتات المعمّرة والشديدة القدرة على الاحتمال، فإنها تقاوم قسوة الشتاء وتبقى حيّة، ولكنها في معظم الحالات تخفف من نشاطها الحياتي مع مجيء البرد.

إن جميع أشكال الحياة تعتمد على النباتات التي هي الكائنات الوحيدة تقريباً التي تصنع الأغذية من المواد غير العضوية، حيث تغذّي كل العالم. إنّ المدى الذي تزدهر فيه هذه النباتات في منطقة ما، يحدد مجموعات الحيوانات والنباتات غير الخضراء كالفطريات والبكتيريا.

وعندما تبطيء عمليات الحياة لدى النباتات الخضراء في الشتاء التالي، يقلّ مورد الغذاء الأساسي كثيراً، وهذا بدوره يؤدي إلى نقص في عدد المخلوقات الحية، فالحيوانات وحيدة الخلية والديدان والرخويات والقشريات والحشرات تغدو أقل ظهوراً بعد الصقيع الأول، وكثيراً منها يموت مخلّفاً وراءه بيوضاً فقط أو

صغاراً في مراحل متنوعة من تطوّرها لتستمر في العيش سنة أخرى وهناك أنواع أخرى تبقى هاجعة طوال فترة البرد.

السُّـبات

وهناك بعض الحيوانات التي تقضي فترة الشتاء القاسية في (السبات الشتوي) أي بقضاء فصل الشتاء في حالة غير نشطة. وتحدث تغيّرات عنيفة في حياة الحيوان السابقة. غير أنه يجب التمييز بين الحالة غير النشطة الجزئية التي تدخل فيها بعض الحيوانات عندما يصبح الطقس رديئاً بشكل خاص وبين السبات الكامل.

إنّ خير مثال على **السبات الحقيقي** تجده لدى السنجاب الأرضي الأميركي الذي يدعى **اليحبوب ذي الثلاثة عشر خطاً**، وهذا الاسم مأخوذ من اليونانية، إذ أن **اليحبوب** تعني (مُحبّ البذور)، وعلى ظهره ثلاثة عشر خطاً، وهو يعيش في جحور قليلة العمق في المراعي وعلى أطراف الحقول. يقتات **اليحبوب** خلال الصيف بالحشرات والنباتات ويختزن في جسمه كمية من الدهن ليغذّيه في فصل الراحة، ولكن إذا أحسّ السنجاب هذا بنقص في كمية الدهن في جسمه، وهو الغذاء العادي له عند اقتراب فترة السبات، فإنه يتأخّر على السطح ويستمر بالتغذية حتى يعوّض النقص. ويصوم هذا الحيوان لفترة قصيرة قبل أن يصبح خاملاً. وبعمله هذا يفسح المجال لجسمه كي يهضم الطعام ويتخلص من الفضلات. ويستعدّ لفصل الشتاء منذ مطلع الخريف، حيث يحفر جيباً يتراوح قطره بين 15 - 20 سنتمتراً عند طرف ممرّ لا يزيد عمقه في الأرض عن 30 - 60 سنتمتراً. وبالتأكيد يكون هذا الممر غالباً فوق خط الصقيع، أي يكون في مكان في التربة لا يمكن أن يتجمّد خلال بضعة أسابيع، ويبطّن هذا الجيب بالحشائش الجافة، وأحياناً بأوراق النباتات الميتة. بعد أن يُتمّ ذلك، يلجأ السنجاب إلى مأواه الشتوي ويسدّ مسلكه بأوساخ طرية ويلتف على نفسه ساكناً حتى الربيع القادم. وتبقى نشاطات جسمه مستمرة طوال

فترة السبات ولكن بنسبة منخفضة، والسبب في ذلك واضح إذ أن نشاطات الجسم تستنفذ طاقة طالما كان لدى الحيوان احتياطي مختزن على شكل دهن.

لكن هذا الاحتياطي محدود، فإذا استمر الحيوان في نشاطه العادي فإنه قد يستهلكه قبل نهاية الشتاء. لكن لابد من نشاط ضعيف مستمر بحيث يحفظ الحيوان من التجمد على الأقل لأن التجمد يعني الموت. وفي الواقع ينخفض معدّل نبض اليحبوب من (200) نبضة في الدقيقة إلى (5 – 14) نبضة في الدقيقة وتهبط درجة الحرارة من (37 إلى 19) درجة مئوية أو أقل، وينخفض معدل التنفس من (180) مرّة إلى (4) مرات أو أقل، وتصبح الدورة الدموية ضعيفة، كما لا يوجد عملياً تجاوب عصبي حتى لو تم تنبيهه بمنبه قوي، فالسبات في الواقع هو نوم عميق بشكل غير عادي بحيث يظهر أحياناً أنه لا يختلف كثيراً عن الموت . وقد تصل درجة الحرارة إلى مستوى منخفض جداً لدى الثدييات السابقة، فقد تصبح درجة حرارة اليحبوب الذي مضى عليه وقت طويل وهو في حالة سبات قريبة جداً مما يحيط به. أما إذا هبطت درجة إلى مادون درجة التجمد فإنه يموت. وعندما يتم إخراج اليحبوب من حجره ويوضع في مكان دافىء فإنه يخرج تدريجياً من حالة الخمول، ولكنه إذا أعيد فيما بعد إلى محيط بارد فإنه يبدأ السبات مرّة ثانية.

هل صحيح إذاً أن درجة حرارة المحيط هي العامل الأساسي الذي يجلب السبات؟ يختلف العلماء حول ذلك، ويعتقد البعض أن درجة تركيز غاز الكربون في المحيط المباشر بالحيوان لها علاقة بالسبات. وقد تختلف الحيوانات عن بعضها في العوامل التي تسبب لها السبات، وقد تكون هناك عدة عوامل مسؤولة عن ذلك بما فيها درجة الحرارة والطعام.

ومن بين الثدييات المعروفة جيداً والتي تسبت كاليحبوب، هناك **المرموط وكلاب السهوب والفئران القافزة**. وهناك بضع حيوانات ثديية تصبح هاجعة أو

نصف هاجعة في الطقس البارد، وتبقى على تلك الحالة لأيام أو أشهر حتى يتحسن الطقس.

إن **الدببة** وبعض أنواع **الخفافيش والظربان كريهة الرائحة والراكون الأمريكي،** تبقى شبه نشيطة لفترات طويلة عند انخفاض درجة حرارتها التي لا تنخفض كثيراً جداً كما هو الحال في اليحبوب، وتنشط بسرعة عندما يدفأ الجو. وهناك حيوانات أخرى **كالغرير والأبوسوم الأميركي ذي الجراب** تصبح غير نشطة لفترات تتناسب مع فترات البرد والطقس السيئ. لكن **الخفافيش** تواجه مشكلة السبات بطرق مختلفة، فالخفافيش التي تعيش في المناطق المعتدلة تعتمد في غذائها صيفاً على الحشرات، وتبقى في الطقس البارد بلا طعام لأن البرودة تقتل الحشرات التي تتغذى عليها. وبالتالي لا يكون أمامها إلا حلّين:

- **الأول:** أن تلجأ إلى المغارات والكهوف وتدخل في حالة خدر وسبات وتبقى هناك حتى مجيء الربيع.

- **الثاني:** أن تهاجر إلى المناطق الاستوائية حيث يكون الدفء متوفراً والغذاء يكون كثيراً.

وهناك بعض الخفافيش تبحث عن بنايات مشغولة كالمستودعات حيث يكون الدفء متوفراً من نظام التدفئة بالبخار. والخفافيش التي تدخل في حالة خدر وسبات لمدة طويلة، تفقد الكثير من وزنها. وهذا النقص يبلغ في أغلب الأحيان ثلث وزنها الكلي أو أكثر. إن كثيراً من **الضفادع العادية والضفادع الطينية** (العلجوم) التي تعيش في مناطق معتدلة المناخ، تصبح غير نشيطة خلال فصل الشتاء. **فالضفدعة النمرة** مثلاً تحفر لها حفرة في الطين في قعر بركة ماء وتبقى في حالة نشاط ضعيف حتى يختفي الثلج والجليد. وعندما تكون **الضفادع** غير نشيطة فإن حياتها تبطىء كثيراً. يستفيد الحيوان من الشحوم التي اختزنها في جسمه، ويحصل على الأوكسجين من الماء المحيط به بواسطة أوعية دموية في الجلد،

وبالطبع لا تعمل رئتا الضفدع تحت الماء. وعادة يستلقي الضفدع السابت في قعر بركة وحل بارد غير متجمد وتبقى درجة حرارة جسمه أعلى قليلاً من درجة حرارة محيطه. أمّا ما يقال بأن الضفدع قد يتجمد ثم يعود إلى نشاطه ثانية بعد ذوبان الثلج، فهو كلام غير صحيح والضفدع المتجمد هو ضفدع ميت.

أما **الحيّات والسحالي** التي تقطن في مناطق ذات شتاء منخفض الحرارة، فإنها تجتاز أيضاً فترة عدم نشاط. **والثعابين ذات الأجراس** التي تعيش في مناطق خطوط العرض الباردة، غالباً ما تقوم برحلات عظيمة لكي تمضي الشتاء بصحبة رفيقاتها في الكهوف وفي أماكن أخرى منعزلة، وهناك ترقد ملتوية على نفسها على شكل حصيرة كبيرة ورؤوسها مرفوعة. أما **العظاءة الشوكية** المعروفة **بضفدع الطين الشوكي،** فإنها تحفر في الرمل حيث تبقى بلا ماء ولا غذاء خلال أشهر البرد.

إن مجيء الفصل الجاف في المناطق الاستوائية له تأثير بعيد المدى على المخلوقات الحية، كمجيء الشتاء في المناطق الأخرى. حيث يُمضي العديد من حيوانات المناطق الاستوائية **كالضفادع، والضفادع الطينية، والسمندل، وبعض أنواع السمك،** فترة نشاط ضعيفة في الفصل الجاف، وتتخذ لها ملجأً في الأماكن الرطبة البعيدة عن الأماكن المطروقة، وتبقى ساكنة حتى تعود الأمطار الغزيرة، ويقال عنها أنّها في حالة خَدَر صيفي، أي أنها تمضي الصيف في حالة من عدم النشاط. وفي فترة الخَدَر الصيفي، كما هو الحال في فترة السبات، تستمر العمليات الحيوية بمعدّل منخفض. والحالة المذهلة هي حالة **السمك الرئوي الأفريقي،** وهو عضو من عائلة قديمة جداً من الأسماك التي اختفت تقريباً، حيث لا يزال هذا السمك يعيش في الأنهار والبرك والمستنقعات في أواسط أفريقيا إضافة إلى نوعين آخرين في أستراليا ومناطق الأمازون في أمريكا الجنوبية. ومن هذين النوعين نرى أن السمك الأمريكي يصيّف في حالة خَدَر، لكن الأسترالي يبقى نشيطاً ولا

يفعل ذلك. والشيء الغريب في **السمك الرئوي** أنه بالإضافة إلى خياشيمه، فإنه يمتلك أنسجة رئوية يتنفس من خلالها الهواء الجوي. وبما أنها تعيش في البرك الضحلة الراكدة التي ينقصها الأوكسجين الضروري للأسماك، فإنها ترتفع إلى السطح في فترات متقطعة وتستنشق الأكسجين من الهواء عن طريق الرئتين إضافة إلى ما تأخذه عن طريق الخياشيم. وعندما يحل الفصل الجاف في أواسط أفريقيا، تبدأ المستنقعات والبرك بالجفاف، فتدخل **الأسماك الرئوية** في تلك المنطقة في حالة الخَدَر الصيفي. وتشقّ كل سمكة طريقها إلى الوحل في قعر بركة على عمق ثلاثين سنتيمترا أو أكثر وتحفر تجويفاً تأوي إليه. ويبقى ثقب مفتوح لدخول الهواء في قمّة التجويف، حيث ترقد **السمكة الرئوية** ساكنة في داخله، محيطة نفسها بمادة شفّافة من المخاط الجاف الذي أفرزته السمكة من غددها الجلدية. وتبقى **السمكة الرئوية** طيلة فترة سكونها بلا طعام، وينخفض معدل تنفسها وتستمر عمليات جسمها الحيوية بالاعتماد على مخزونه من الشحوم التي تزوّده بالطاقة المطلوبة. ويمكن **للسمك الرئوي الإفريقي** أن يبقى حيّاً مدّة أربع سنوات متواصلة وهو في حالة خَدَر صيفي، لكنه على العموم يصبح نشيطاً مرةً أخرى مع عودة الفصل الماطر عندما تمتلىء البرك والمستنقعات بالماء مرّة ثانية.

ولم تتأكد الشواهد على السبات عند **الطيور**، حتى اكتشف الدكتور إ. ج. جيغر E. G. Gigger واثنان من رفاقه في ديسمبر عام 1946، وادياً في جبال تشوكا والموجودة جنوب شرق كاليفورنيا، حيث وجود **البوروِيل**، وهو طائر صغير ملتصق بشق صخري، وقد دُهِشوا عندما وجدوا الطائر يرمش بعينه ظنّاً منهم أنه ميت. ثم تركوا الطائر تحت المراقبة لمدة أربع مواسم متتالية، فكان يوجد دائماً نفس الطائر في حالة سبات. وقد مكث الطائر في حالة عدم نشاط في الشتاء لمدة 88 يوماً. وأظهرت سلسلة الاختبارات أن درجة حرارته تنخفض إلى 18,1 درجة مئوية، في حين نرى أن درجة حرارته العادية وهو نشط هي 43,3 درجة مئوية.

ولم يُظهر أي استجابة نتيجة تسليط شعاع ضوئي على عينيه. وعند وضع مرآة على أنفه، لم يُظهر أي تكاثف للبخار على سطحها، ولم يكتشف أدقّ جهاز للكشف على القلب ضربات القلب. ولمّا جاء الربيع، أنعشت حرارته الطائر وظهر طائراً في الجو. وبدون إجراء التجارب، عرف هنود الجنوب الغربي سر طائر **البورويل** فقد أطلقت عليه إحدى قبائل الهنود الحمر وهي **الهوبيز** كلمة - **هولكو** - بمعنى **النائم**.

لوحظ السبات في طيور **صقر الليل،** كما في الطيور الطنانة التي تلجأ إلى السبات ليلاً وكذلك في الأيام الباردة. كما تمّ ملاحظة طيور **السمامات الأوروبية** في حالة سبات في فرنسا، وكذلك **السمامات ذوات الرقبة البيضاء** في حالة غيبوبة متشابهة في الشتاء، على جبال سلوفر بكاليفورنيا. ولم يثبت بعد أن مثل هذه الطيور لها القدرة على الانتقال من السبات إلى البيات الحقيقي.

وتدلّ الشواهد على أن ظاهرة السكون التي تظهر دورياً في حياة بعض أنواع **الحشرات،** هي نتيجة تغيّرات موسمية بشكل أو بآخر. ولكن من الأمور الثابتة أن توقّف النمو، يمكن أن يتحدد قبل حدوثه بوقت طويل، مما دفع بعض الباحثين إلى افتراض وجود توقيت داخلي في جسم الحشرة يفرض عليها السكون في وقت معين. ومن **الحشرات** التي يكون فيها تأثير العامل الخارجي واضحاً ومتزامناً مع السكون النوع loxostege sticiclis (lepidopter)، حيث تدخل اليرقة - كما تدخل غالبية يرقات هذه الرتبة - في صيام عندما تبلغ، وقبل أن تدخل في طور العذراء. ويستمرّ الطور اليرقي في صيامه فترات مختلفة تتراوح بين 90 - 180 يوماً. وفي هذه الحشرة، يمكن دَفْع الأعمار الأولى لليرقات لتدخل في السكون لمدة محددة، بفرض ظروف تغذية سيئة أو منعها من التغذية. وتوضّح الأمثلة الآتية اختلاف العوامل التي تدفع الحشرات إلى الدخول في طور السكون. **فدودة اللوز القرنفلية** تصيب لوز القطن في مراحل نموه المختلفة، وتلك التي تتغذى على لوز

القطن في أوائل مراحل تكوينه عندما يحتوي على نسبة عالية من الماء والمواد الكربوهيدراتية ونسبة منخفضة من البروتين والدهون، لا تدخل في طور السكون. بينما تلك التي تصيب لوز القطن وهو قريب من مرحلة النضج عندما يحتوي على نسبة أقل من الماء والمواد الكربوهيدراتية وكثير من البروتين والدهن، يدخل غالبيتها - كيرقات كاملة النمو - في طور السكون الذي يستمر من 6 - 24 شهراً، وربما أكثر من ذلك. ويرجّح أن يكون اختلاف نوعية الغذاء ولاسيما انخفاض نسبة الماء، هو السبب في دخول اليرقات في طور السكون، بدليل أن ترطيب اليرقات الساكنة بالماء يُوقِظ - بعضها - من السكون وتدخل مباشرة في طور العذراء. وهناك أيضاً طول الفترة الضوئية التي تشترك مع عوامل التغذية في تحديد نوعية اليرقات. فقد شوهد أن اليرقات التي تتواجد في أشهر الصيف والنهار الطويل، لا تدخل في السكون (وفي هذا الوقت لوز القطن في أوائل مراحل نموه بالمنطقة المعتدلة الشمالية)، بينما يدخل معظم اليرقات التي تتواجد في أشهر الخريف والنهار قصير في السكون (وفي هذا الوقت يكون لوز القطن في مرحلة النضج).

ويدخل **دبّور الحنطة المنشاري** الذي يصيب القمح في السكون، عندما تصل اليرقات إلى قواعد سيقان القمح وتكون في عمرها الأخير. وتظلّ اليرقات في مكانها داخل شرانق حريرية في هذا السكون الإجباري من نهاية الربيع إلى بداية الربيع التالي، حيث تتحول إلى عذارى ثم إلى حشرات كاملة، معيدة إصابة سيقان القمح ووضع البيض على القمم النامية.

ويعتبر طول النهار أو طول الفترة الضوئية التي تتعرض لها الحشرات - في طور معين من أطوارها – من أهم العوامل لدفعها في الدخول في طور السكون. والأعين المركبة والبسيطة هي أعضاء الحس التي تستقبل الضوء عادة في الحشرات، وتنتقل السيالات عبر العصب البصري إلى المخ. ولكن وجد في pieris brassica أنّ الأشعة الضوئية تؤثر مباشرة في المخ، وتحكم إفراز

هرمون المخ، وبذلك تنظّم توقيت السكون في مرحلة العذراء، ولا يحدث ذلك عن طريق الأعين، ولكنه يحدث بعد الانسلاخ الثالث لليرقة حيث يظهر في درقة الرأس منطقة مثلثة الشكل صفراء اللون تسمح بمرور الأشعة الضوئية مباشرة إلى المخ، وبذلك تصبح اليرقة في -عمرها الرابع والخامس - حسّاسة للضوء. أما قبل الانسلاخ الثالث فتكون محفظة الرأس كلها سوداء وتكون اليرقات غير حسّاسة للضوء.

النــوم

يحتاج **النمل** كسائر الحشرات الأخرى إلى النوم، وقد ينام النمل في أي وقت من النهار، وتبلغ متوسط فترة النوم في الأنواع التي تم اختبارها حوالي ثلاث ساعات.

وربما تختار النملة مكانها في حفرة مناسبة في الأرض، فتضطجع فيها في نومها لا تصحو منه حتى لو مُسّت أو دوعبت، لكنّ نقرة عالية توقظها فجأة. فإذا استيقظت النملة من نومها استيقاظاً طبيعياً، سلكت حين صَحْوها سلوك الثدييات والإنسان. يتحرك الرأس أولاً، ثم تتمطّى وتتمدد الأرجل الست إلى أقصى امتدادها وكثيراً ما تهتز، وينفرج الفم انفراجا يماثل تماماً ظاهرة التثاؤب.

ومن الملاحظات الطريفة التي سجلها مالوكوك Malokok من خلال مشاهداته على نمل الحصاد الأميركي، الذي يتميز باختلاف الحجم اختلافاً كبيراً بين الشغّالات والجنود. فيقول: (إن الجنود أطول نوماً ويستغرقون في نومهم استغراقاً عميقاً ولمدة أطول من الشغالات، ولا يستيقظون إلاّ بصعوبة وبطء. وقبل أن يأوي الثعلب إلى النوم، تراه يحفر الأرض ويبدأ الدوران حول هذه البقعة، في هذا الاتجاه أولاً، ثم في الاتجاه المضاد ثانياً، وقد جعل بوزه يكاد يلمس طرف ذيله. وبمثل هذا السلوك يعدّ الثعلب لنفسه فجوة يرقد فيها، ثم يجلس ويلفّ ذيله باتجاه رأسه، وأخيراً يستلقي راقداً، ويكون الجزء العلوي من الجسم وكذلك من الرأس

ملتفاً تجاه قاعدة الذيل، وأخيراً يرفع الثعلب رأسه برهة قصيرة ثم يخفضه ثانية، ويدفع ببوزه تحت ذيله).

وهذا النوع من **طقوس النوم** التي وصفها عالم الحيوان لايسلور هاسينبرغ Lyslor Hasinberg يحدث كذلك عند كثير من الحيوانات الأخرى. ومن الواضح أنّ الحيوانات لا ترقد للنوم في أيّ مكان، وإنما يبدو الأمر وكأنها تهيّئ نفسها للنوم بسلسلة من الأفعال المبدئية. ولكلّ حيوان هنا طريقته الخاصّة به ومكانه المخصّص للنوم. **فالثعالب والدببة** تفضّل البقع المحميّة مثل الكهوف، بينما نجد أن **عجل البحر الناسك** monk seal قد اهتدى إلى حلّ مبتكر للمشكلة، فهو ينام في كهوف على الواجهة البحرية فوق الصخور التي تكون من الارتفاع بما يضمن لها الجفاف والتي لا يمكن الدخول إليها إلا من تحت الماء. وبالتالي يمكنه النوم في أمان دون أن يزعجه شيء. أما **القوارض** فمنها من ينام في أعشاشه التي حفرها في الأرض مثل **حيوان الهاميستر** أو التي بناها إلى الأشجار مثل السنجاب.

وللحيوانات،مثل بني الإنسان، أوضاع مفضلة عند النوم. فالقطة تنام على جنبها إما ممتدة أو متكوّرة، والكنغر ينام على جنبه أيضاً، بينما تتكور بعض الحيوانات الأخرى على بطونها (**الأرانب،الثعالب،الخيول**). وينام **الضبع** ووجهه إلى أسفل، وقد تكوّر جسمه من طرف أنفه حتى ذيله، وهذا الوضع يسمح للحيوان بأن يكوّر نفسه تماماً وكأنه كُرة. **والأسود** من بين الحيوانات القلائل التي تفضل أن تنام على ظهورها، وهذا هو ما تفعله **الأرانب والدببة** في بعض الأحيان أيضاً، وينام **الفهد** في وضع معلّق على فرع شجرة، وقد تدلت سيقانه وذيله. أما الوضع الذي تفضله **الخفافيش** والذي يتدلى فيه الرأس إلى أسفل، فهو مثار للعجب. مما تقدم نستنتج أن الحيوانات تتفاوت فيما بينها من حيث أوضاع النوم. ولابد لنا أن نتساءل هل نجد لدى الثدييات الأخرى نفس مراحل النوم التي نجدها عند الإنسان؟

في الحقيقة،ونتيجة للتجارب التي أجريت من قبل العلماء والباحثين المتخصصين في هذا المجال نخلص إلى أن معظم **الثدييات** تتميز بوجود المراحل المختلفة للنوم مصحوبة بالتغيرات المعروفة في أنماط التسجيل الكهربائي للمخ.

وفي الحقيقة فإن التناسب بين النوم واليقظة يتفاوت بين الثدييات، كما أننا نجد بينها أصحاب النوم القصير وأصحاب النوم الطويل. **فالخفّاش** على سبيل المثال يقضي عشرين ساعة في النوم من أصل أربع و عشرين ساعة. وكذلك حيوان **الأبوسوم** oppossum الذي ينام فترة تتراوح فيما بين ثماني عشرة ساعة وتسع عشرة ساعة، **والقنفذ** الذي تطول فترة النوم عنده إلى سبع عشرة ساعة أو ثماني عشرة ساعة، وعلى نقيض ذلك تكتفي **الأبقار والخيول والفِيَلَة** بثلاث ساعات أو أربع من النوم.

وقد تم إجراء عدد من التجارب للمقارنة بين عادات النوم عند الحيوانات المختلفة للتعرف حول إمكانية عقد الصِلَة بين النوم وبين بعض الخصائص الفسيولوجية أو السلوكية الأخرى. وقد تم التوصّل عن طريق هذه الدراسات المُقارَنَة إلى نتائج طريفة عن العلاقة بين النوم من ناحية والتمثيل الغذائي من ناحية أخرى. فصغار الحيوانات التي نجد عندها عادة معدّلاً مرتفعاً من التمثيل الغذائي ومعدّل حياة أقصر، تنام فترة أطول مما تفعل الحيوانات الأكبر وذات معدل تمثيل غذائي أدنى ومتوسط عمر أطول. **فالقنافذ** على سبيل المثال، تعيش إلى أن تبلغ ستّ سنوات من العمر، بينما يعيش الحصان إلى أن يبلغ ستة وأربعين عاماً.

وعندما تنظر إلى الحيوانات **ذوات الأظلاف** مثل الأبقار والخيول والأغنام والخنازير، نجد أنها تمضي وقتاً طويلاً من الزمن في الإغفاء، وهي حالة لا تعتبر ضمن مقولة النوم . **فالبقرة** تنام أربع ساعات فقط كل يوم، ولكنها تقضي ثماني ساعات أخرى في الإغفاء، وهي راقدة ولكن برأس ورقبة منتصبة. ويتضمّن

التسجيل الكهربي للمخ عند البقرة في هذه الحالة كلاً من التموجات السريعة للعينين التي تتميّز بها حالة اليقظة، والتموجات البطيئة المميّزة لنوم انعدام الحركات السريعة للعينين. والبقر يظل يجترّ طعامه وهو في الإغفاء، كما أن هذا الاجترار قد يستمر حتى بعد الدخول في مرحلة النوم الفعلية. ولهذا يمكن القول بأنه من الواضح أن الحدّ الفاصل بين اليقظة و النوم ليس واضحاً عند كثير من الحيوانات.

وأخيراً، ننظر في واحد من الثدييات القلائل التي نَمَت عندها القدرة المتخصصة إلى حدّ كبير على المعيشة في الماء. **فالدلافين** التي تعيش في البحر الأسود يمكن أن يصل وزنها إلى مائتي كيلوغرام والتسجيلات الكهربائية للمخ عند هذه الحيوانات تكشف لنا عن ظاهرة مدهشة: فخلال فترة النوم وهي تستغرق من ثلاثين دقيقة إلى ستين دقيقة، نجد أن واحداً فقط من نِصفي المخ تظهر فيه التسجيلات الكهربائية للمخ المرتبطة بالنوم، بينما تصدر عن النصف الآخر ذلك التسجيل الكهربائي للمخ المرتبط بحالة اليقظة. ثم يتبادل نصفا المخ دوريهما: فيُظهِر النصف الذي كان يقظاً نشاطاً كهربائياً دالاًّ على النوم، بينما تبدو على النصف الآخر الذي كان نائماً علامات اليقظة، ولم يحدث مطلقاً أن تمّت ملاحظة النوم في كلٍّ من نصفي المخ عند الدلفين في آن واحد. ولا يزال هذا التقسيم الغريب للعمل غير واضح حتى الآن.

أما عند **الطيور**، فقد نشر عالم الحيوان الإنجليزي دنيس لندريم Dennis Lendrem أنّ الحمام يفتح عينيه مرّات كثيرة أثناء نومه، خصوصاً عندما يكون بمفرده، مما يمكّن الطير من الإحساس باقتراب المهاجم. وعندما ينام الحمام في مجموعات، نَجِدُهُ يفتح عينيه عدد مرّات أقلّ، وهذا أمر يمكن تفسيره على أساس الفرض القائل: بتعاون أفراد المجموعة في رصد الخطر. وفي وسع طائر واحد أن يُنذر كلّ الطيور الأخرى، وأن كل طائر في مجموعته لا يكون بحاجة إلى اتخاذ

الحيطة بنفس الدرجة المطلوبة عندما ينام منفرداً. ويُشار إلى هذه الظاهرة باسم **الحراسة الجماعية** coroporate vigilance.

أما **الطيور المهاجرة** فإنها تمثّل مشكلة من نوع خاص، ذلك أنّ هذه الطيور تضطر أثناء الهجرة إلى الطيران فوق المحيطات المكشوفة الممتدة أياماً متتالية، بحيث أنّها لا تستطيع التوقّف عن الطيران للراحة. لذا فالسؤال المهمّ: إن كانت هذه الطيور تستغني عن النوم تماماً، أم أنّها تستطيع النوم أثناء الطيران أو الانزلاق الهوائي، ولم تتمّ الإجابة على هذا السؤال حتى الآن.

أما بالنسبة **للزواحف،** فقد أجريت أبحاث عدّة في هذا المجال. وقد قدّم الباحث الأمريكي المتخصص في النوم إدوارد تاوبر Edward Tauber وصفاً لسلوك النوم عند **الحرباء**. يقول: يستقرّ الحيوان عادةً على أحد الأغصان في الساعات التي تسبق غروب الشمس مباشرةً، ثم يكوّر ذيله على شكل لولب الساعة ويظلّ ساكناً، لكنّ عينيه تقومان بحركات مسح مستمرة في زوايا واسعة المدى. وخلال هذه الحالة السابقة على النوم، لا تقوم الحرباء بمهاجمة الحشرات.

أمّا رأس الحرباء وبطنها، فتستقرّ مستريحة على الغصن، بينما تتخذ القدمان وضع الإمساك غير المُحْكَم، وذلك على خلاف وضع الإمساك المُحْكَم الذي تكون عليه الأقدام أثناء اليقظة. أمّا جفونها فتكون مغلقة على هيئة دائرية، كما تكون المقلتان منسحبتين إلى الداخل قليلاً. وما لم يتعرض الحيوان للإزعاج، فإنه يظلّ على هذا الوضع طوال الليل.

وفي الحقيقة فإننا لا نستطيع أن نتبيّن مراحل النوم المعتادة عند الزواحف والأمر كذلك بالنسبة للبرمائيات، وخير مثال على ذلك الضفادع. ولأن البرمائيات تظل ساكنة بلا حراك لفترات طويلة من الزمن حتى وهي في حالة اليقظة ، فإن الملاحظة المباشرة لسلوكها لا يفيد كثيراً في تحديد ما إن كانت نائمة أم لا. كذلك

من الصعب أن نميز فيما بين حالة النوم وحالة الخمول التي تصيب الحيوانات ذوات الدم البارد (مثل الزواحف والبرمائيات) في درجة الحرارة المنخفضة.

أما بالنسبة **للسمك،** فإن ملاحظة النوم عنده أسهل بكثير. ذلك أن بعض أنواع السمك تشبه الثدييات في أنها تلتمس لنفسها مكاناً خاصاً للنوم وتتّخذ فيه وضع راحة متميز، وهي في هذه الحالة لا تعود تستجيب للمؤثّرات الخارجية الطفيفة، وإنما تستجيب للمثيرات القوية فقط. ويلاحظ على سمك الببغاء مثلاً parrot fish خاصية طريفة، فهو يفرز حول نفسه غطاءً واقياً من المخاط يدخل فيه للاختباء قبل أن يمضي للنوم.

ونلخّص ما قُلناه حتى الآن: إنّ النوم يلاحظ عند كل الفقاريات، ولكي ندرس حالة الحيوانات اللافقارية الأكثر قِدَماً، نستعرض مثالاً واحداً منها. قام العالم الأمريكي فيليكس ستراموواسر felix stramwasser بدراسة **حلزون بحري عملاق** ينتمي إلى الرخويات اسمه **ابليسيا** aplysia. وعندما يوضع هذا الحيوان في حوض ماء زجاجي (أكواريوم)، يسبح متجوّلاً في الحوض طوال النهار، ويقضي أكثر وقته في البحث عن الطعام. وعند غروب الشمس ينسحب إلى زاوية من زوايا الحوض ويبقى ساكناً فيها، حيث لا يرى منه ليلاً إلا حركات متفرقة من الرأس وقرون الاستشعار، وفي الصباح بعد شروق الشمس، يستيقظ الكسول ويبدأ فترة أخرى من النشاط.

ومثال آخر من اللافقاريات، هو **العثّة أو فراشة الضوء** moth التي لا تكون في حالة طيران دائمة، بل تظهر عليها دوريّاً فترات قصيرة من الراحة. وكلما قلّت هذه الفترات، يصبح الحيوان في حاجة إلى مثيرات أقوى حتى يتنبّه. كما يبدو أنّ هناك علاقة بين الوضع الذي تتخذه العثّة وبين عمق النوم عندها. أما في أشدّ حالات النوم عمقاً، فتكون قرون الاستشعار مطويّة على الظهر ومغطّاة بالأجنحة، بحيث أننا لو رفعنا الأجنحة بفرشاة صغيرة، لما أدّى ذلك إلى استجابة الحشرة.

يوضح هذين المثالين أنّ أطوار السكون المشابهة للنوم تحدث عند اللافقاريات أيضاً.

ولو تعقّبنا تبادل أطوار الراحة والنشاط، على أساس من التسجيلات طويلة المدى، لوجدنا إيقاعية تمتدّ عبر أربع وعشرين ساعة في معظم الحيوانات. وفي المملكة النباتية، نجد أنّ نباتات مثل **الفول** تبدي كذلك تناوباً محدّداً على امتداد الأربع وعشرين ساعة، من حيث أوضاع الأوراق. وفي ساعات النهار تكون الإيقاعات اليومية ليست متوقفة فقط على تغيّرات دورية في البيئة، من قبيل الضوء والظلام، تلك التغيرات التي يشير إليها العلماء بأنها (المؤشّرات الدالّة على الوقت)، وإنما تنشأ عن نوع من الساعة الداخلية internal clock في الكائن الحي العضوي. ويحتمل أن يكون هناك رابطة بين إيقاعات اليوم وبين النوم.

ويمكن ملاحظة العمليات المتكررة يومياً في كل أرجاء المملكة الحيوانية، بما في ذلك أبسط صور الحياة التي تتألف من خلية واحدة. ففترات الراحة اليومية الموجودة عند الحيوانات البسيطة، قد تقابل فترة النوم عند الفقاريات العُليا.

ولم يستطع أخصائيو النوم حتى الآن، الاهتداء إلى سبب النوم. لكنهم يعدّونه نوعاً من التكيّف للظروف الداخلية والخارجية على السواء، ذلك أن النوم نوع من فترة الراحة المفروضة. وهو بذلك يُعيْن الكائن الحي على تجنّب الأخطار في البيئة – متمثلة في الأخطار غير الحيّة من (بَرْد وظُلْمَة)، والأخطار الحيّة (الحيوانات المفترسة).

والخاصيّة الهامّة للنوم، تضمن أن الحيوان لا يغادر مسكنه الذي يختبىء فيه، في ساعة من ساعات الخطورة. ومن أجل هذا، فإن كثيراً من الحيوانات القارضة الليلية تقضي نهارها - حيث يمثّل أعداؤها خطراً كبيراً يتهددها - نائمة في أوكارها.

لكن الحيوانات المفترسة من ناحية أخرى تكيّف نفسها مع عادات النوم عند ضحاياها كي تتمكّن من اصطيادها. وعلى خلاف الضحايا التي تعيش عليها الحيوانات المفترسة، نجد أن طعام الحيوانات آكلة العشب متوفّر ليلاً ونهاراً، وبالتالي ليس هناك ضرورة لأن تحصر نومها في فترة محدّدة دون غيرها. ولذلك فإن فترات النوم نجدها مختلفة عند أنواع معيّنة من حيوانات القطيع مثل الأبقار والأغنام وتتوزّع على ساعات اليوم كلّها.

وقد بيّن الأخصّائي الأمريكي في أبحاث النوم ويلز ويب wilse webb مزايا هذا السلوك، بالنسبة للحيوانات التي تعيش بصفة أساسية في الحقول أو الأماكن المكشوفة الفسيحة، التي لا تتوفّر فيها أماكن للاختفاء. فطبيعة الغذاء النباتي تضطّر هذه الحيوانات إلى الأكل دون انقطاع تقريباً، لكنّ حياة هذه الحيوانات الجماعية يزيد دون شكّ من سلامتها عندما تنام، إذ يكون بعض أفراد القطيع يَقِظين في كلّ لحظة من لحظات اليوم، وبالتالي قادرين على الاستجابة بسرعة لأي خطر يداهمهم.

كما أنّ **حيوانات القطعان البرية** التي تتعرّض لأخطار كبيرة مثل **الغزلان** تضطرّ للنوم أيضاً ولكن بشكل أقلّ، بحيث أنّها لا تستطيع أن تستغني عنه تماماً. وقد رأينا كيف أن **الدلافين** التي لا بدّ لها من أن تظلّ في حركة دائمة في الماء، قد كيّفت أو عدّلت طريقة نومها بشكل فريد، بحيث لا ينام إلا أحد نصفي المخ في أي وقت من الأوقات.

والنوم يمكن أن يعدّ عملية تكيّف للظروف القائمة داخل الكائن الحي، ذلك أنّ الكائن الحيّ يستهلك قدراً أقل من الطاقة عندما تنخفض معدلات التمثيل الغذائي عنده، وكذلك عملية تبدّد الحرارة وضياعها من الجسم. وهكذا، يمكن النظر إلى خمول وسكون المخلوقات النائمة على أنه نوع من الاقتصاد في موارد الطاقة

المحدودة، التي يكون مآلها إلى النفاذ، لو استمرّ النشاط بصورة مستمرّة وبدون انقطاع.

ونستطيع أن نلحظ التكيّفات الموافقة للظروف الداخلية والخارجية، وهي تحدث عند الإنسان كما تحدث في الحيوان. فعادة **القيلولة** الشائعة في البلاد الحارة، مثال طيّب يبيّن لنا كيف يتكيّف سلوك النوم واليقظة حسب الظروف المناخية.

وبدون أدنى شك، يفيد النوم في وقاية الكائنات الحيّة من الإنهاك والإجهاد الذي قد يترتّب على بقائها نَشِطَة فترة أكبر ممّا ينبغي. فكما نأكل على فترات منتظمة كي نتجنّب الجوع، نجد أن النوم بشكل منتظم يمتلك وظيفة وقائية مشابهة.

الفصــل الســابـع

إِنْتَــاجُ الكَــهْرِبَـاءِ الحَــيَّةِ

إنتاج الكهرباء الحية

في عصرنا هذا، عصر المحطّات الكهربائيّة العملاقة، العصر الذي يبدو فيه كوكبنا الأرضي كَذُبابة وقعت في شبكة عنكبوت صنعتها خطوط التوتر العالي، يتذكر قلّة من الناس بأن الفضل في ظهور الكهرباء في مختلف مجالاتها، إنّما يعود إلى الحيوانات. فالمصريّون القدماء كانوا على علم بالظواهر الكهربائية قبل أربعة آلاف وخمسمائة عام، وهذا ما تؤكّده النقوش التذكاريّة في (سقارة) التي يظهر فيها رسم قرموط كهربائي، وهو من الأسماك التي تعيش في أعالي نهر النيل. وفي أوروبا تعرّف الناس على الكهرباء بفضل المشاهدات التي دوّنها العالم الروماني (فاليس ميليتسكي) منذ 600 عام قبل الميلاد.

لقد اكتشف هذا العالِم بأنّه إذا تمّ تدليك قطعة الكهرمان، فإنّها تكتسب القابليّة على دفع الأشياء الصغيرة. وفي الحقيقة، لم يكن لهذه الأشياء أن تثير أي تساؤلات أو أن يتذكرها أحد، لو لم يفكّر العالم (وليم جيلبرت) بتدليك قِطَع مختلفة من الزجاج والشمع الأحمر والكبريت وغيرها من المواد. وقد تحدّث العالم (جيلبرت) عن كلّ ما حدث وذلك في كتابة الذي صدر في عام 1600 ميلادية. ولابد من التذكير بأن هذا العالِمْ هو الذي اخترع كلمة الكهرباء، التي يعود أصلها إلى الكلمة اليونانية التي تعني (الكهرمان).

وقد أثار كتاب (جيلبرت) اهتمام الناس بتلك الظواهر إلى حد ما، غير أنّ دراسة الكهرباء لم تحظَ بانتشار واسع، بل كانت تجري من قبل عدد قليل جداً من العلماء وبشكل منفرد، ولم تتمكن البشرية في المراحل الأولى من جني أيّة فائدة من تلك الدراسات. وقد اهتمّ العالِمْ والفيزيائي والطبيب الإيطالي (لويجي جلفاني) بذلك، إلاّ أنّ أحداً لم يتمكّن من إدراك ذلك الواقع، سوى العالم الفيزيائي الإيطالي (إساندرو فولتا)، وهذا لا يقلّل قطّ من أفضال جلفاني. لم يكن العلماء يعرفون

حينذاك سوى مصدرين لتوليد الكهرباء (الاحتكاك والأسماك الكهربائية)، أي الأسماك من فصيلة **الرعّاد الكهربائي**.

تعتبر **الرعّادات الكهربائية** مجموعة غير عاديّة من (الشفنينات)، جسمها مستدير على شكل قرص، لِذَيلها زعنفة في مؤخّرته، جلدها أملس تماماً وغير مدرّع، ووسيلتها الوحيدة في الدفاع، هي قدرتها على إطلاق صدمة كهربائية صاعقة. تتوضّع الأعضاء الكهربائية في الرعّادات الكهربائية على جانبيّ الرأس، وتمتدّ نحو الجانبين حتى حافّة الزعانف، وتبلغ سماكتها سماكة الجسم نفسه، وطولها يعادل ثلث طول الحيوان، ويتكوّن العضو الكهربائيّ من نسيج عضلي متحوّر غني بالأعصاب الصادرة عن فص خاص بالدماغ.

وتستطيع هذه الرعّادات التي تعيش في المحيط الهادىء، توليد تيّار كهربائي يقدر بـ (200 فولت)، وقوّته (1600 واط) خلال تفريغ واحد. وخلال عدّة تفريغات، يمكن أن ينتج الرعّاد الكهربائيّ قدرة تكفي لإضاءة عدّة مصابيح منزلية لبرهة وجيزة. وكما يستخدم هذه القدرة في الدفاع، فإنّه يستخدمها في الصيد وأسر الفريسة، حيث يشلّها بواسطة التيار الكهربائي. ومن المدهش أن الصغار التي تولد ولادة، تكون قادرة على إنتاج الكهرباء حتى قبل ولادتها.

تجدر الإشارة إلى أن هناك أعداداً غفيرة من سمك **الورنك** التي تعيش في مياه البحر الأبيض المتوسط، لا تطارد فرائسها ولا تكمن لها، بل تراها تسبح في هدوء وسكينة، حتى تمرّ في طريقها سمكة بلهاء صغيرة، أو سرطان طائش، فيحدث ما لم يكن بالحسبان، إذ ترتعش الفريسة بشدّة. وما هي إلا لحظات، حتى تراها في عداد القتلى، وحينذاك تتوجّه إليها سمكة **الورنك** لتبتلعها وتواصل سيرها بهدوء وكأن شيئاً لم يكن. وظن القدماء أن مثل هذه الأسماك العجيبة تفرز مادة سامّة بمجرد رؤيتها للفريسة، وكان ذلك السمّ العجيب يؤثّر في الإنسان أيضاً متسرّباً

عبر جلده، لكنّه غير مميت له، ومسّ جسم السمكة بحد ذاته، كان أشبه بصدمة ترتعش اليد من جرّائها تلقائياً.

ولذلك، اعتبر الأطباء الرومان سمّ **سمك الورنك** دواء مفيداً جداً. وبغية الحصول على المزيد من هذا الدواء، بدأوا يهتمّون بتربية هذه الأسماك ويصطادونها بأعداد غفيرة ووضعها في أحواض بحرية خاصة - هكذا ظن الناس قبل ألفي سنة - ولم يتمّ حلّ اللغز العجيب إلا منذ فترة ليست بعيدة نسبياً. فالوحوش البحرية هذه لم تكن سوى محطّات كهربائية حيّة قادرة على تكوين تفريغ كهربائي، بوسعه أن يصعق الحيوانات الصغيرة الواقعة على مسافة قريبة، فيرديها قتيلة. والسمّ الذي تحدّث عنه الرومان، لم يكن غير الكهرباء ذاتها. وقد اتّضح فيما بعد أنه توجد هناك أعداد ليست قليلة من الأسماك الكهربائية، وأنّ هناك من هو أقوى من **الورنك** بكثير، والرعّادات التي سبق الحديث عنها، هي من الأسماك الليلية التي تبدأ الصيد بعد حلول الظلام فقط، وشدّة الصدمة الكهربائية التي تتمتع بها هذه الأسماك قوية، إلى حد أنّها يمكن ان تصعق بها حتى الحيوانات الكبيرة. ويعرفها الهنود الحمر في أمريكا الجنوبية خير معرفة، لهذا تراهم يتّقون شرّها ولا يتجرّأون على عبور الأنهار التي تعيش فيها هذه الأسماك الخطيرة. وقد تأخّر وصول نبأ وجود مثل هذه المحطّات الكهربائية الحيّة إلى مسامع أهل أوروبا لفترة طويلة.

فالمغامرون الأوائل الجشعون، هم أوّل من جرّب قوّة التفريغات الكهربائية لهذه الأسماك الخطيرة، وقد أشاع الإسبان الذين هم أوّل غُزاة القارّة الأمريكية أسطورة مفادها، أنّ هناك بلداً اسمه (إلدورادو) فيه من الثروات ما لا يُعدّ ولا يُحصى، وقد بُلِّطَت شوارعه بالذهب. وتوجهت إلى تلك البلاد العجيبة جماعات تلو الأخرى للبحث عن الذهب والمال، ومن بين الجماعات، تمكّنت جماعة يرأسها مغامر اسمه (دي سيكا) من الوصول إلى أعالي نهر الأمازون، وهناك شاهدوا

كيف تحوّل ذلك النهر العظيم - أحد روافد نهر الأمازون - إلى جدول صغير يتعذّر حتى على القارب العَوم فيه، ولم يبقَ أمام أفراد الفريق إلاّ ترك قاربهم ومواصلة السير مشياً على الأقدام في الأدغال.

كان الطريق مليئاً بالأعشاب والشجيرات الصغيرة والمستنقعات الرهيبة، والأكثر من ذلك، كان خطر الموت يحيط بأفراد الفريق في كل لحظة. فقد امتلأت المنطقة بالتماسيح العملاقة والأفاعي السامّة، كما أنّ سُحُبَ البعوض كانت تخيّم في سماء المنطقة، والتي كانت سبباً في إصابة الناس بأمراض خطيرة كالملاريا وغيرها. وذات مرّة، وصل فريق (دي سيكا) إلى مشارف مستنقع هائل، غير أنّ الموسم آنذاك كان موسم جفاف، وكان المستنقع قد جفّ تقريباً، ولم تَعُدْ فيه قطرة ماء، اللهمّ إلاّ تلك البرك الصغيرة التي كانت تسطع في قلب المستنقع تحت أشعة شمس الظهيرة المحرقة. تنفّس المغامرون بعمق، فقد أصبح الطريق سهلاً، وواصل أفراد الفريق طريقهم بهدوء، وكان كل شيء على ما يرام. بَيْدَ أنّ ذلك الهدوء لم يَدُمْ طويلاً، فعند وصولهم إلى وسط المستنقع حيث تنتشر سلسلة من البرك الصغيرة المتصلة ببعضها، رفض الحمّالون الهنود عبور هذه البرك رفضاً قاطعاً، ولم يُدرك المغامرون سبب هذا الرفض القاطع، خصوصاً أن هذه البرك كانت ضحلة للغاية، وليس من الممكن أن يكون قد اختبأ فيها تمساح ضخم أو أفعى عملاقة، أو أن يتواجد فيها نوع من الأسماك الخطيرة التي تعيش عادة في أنهار أمريكا الجنوبية والتي يطلق عليها اسم الضاري.

وفجأة تقدّم واحد من هؤلاء المغامرين غارساً رجليه في البركة، ومضى بخطوات جريئة ضارباً للهنود مثالاً في البطولة والجرأة، بيد أنه لم يمشي بضع خطوات، حتى صرخ كالملسوع، وسقط كأن أحداً قد بتر ساقه. وهرع لنجدة هذا البطل المسكين عدد من رفاقه، الذين سرعان ما وجدوا أنفسهم مطمورين في الوحل، بعد تلك الضربات القاضية التي انهالت عليهم من ذلك الشيطان المجهول.

وظلّ أفراد الفريق الآخرين ينظرون إلى زملائهم المنكوبين بدهشة وقلق، ولم يتجرّأ أيّ منهم على مساعدة زملائه إلاّ بعد ساعات، حيث تجرّأوا على دخول المياه وأنقذوا زملائهم الذين أصيبت سيقانهم بالشلل، نتيجة ما أصابهم. ولم يستطيعوا الوقوف عليها، إلاّ أنّ حالة الشلل هذه كانت مؤقتة، حيث بدأت بالزوال بحلول المساء، لكنّهم لم يُشفوا من المرض تماماً إلا بعد ثلاثة أيام. والسمكة المسبّبة لذلك هي سمكة **الأنكليس الكهربائي** التي تعيش في المياه العذبة، وهي سمكة كبيرة جداً يتراوح طولها بين (1,5 - 2 متر)، أما وزنها فيصل من (15 – 20 كغ)، وتسمى هذه السمكة بلغة الهنود الحمر (**أريما**) أي (**أمّ الشلل**)، كما أنّ لُحومها وكذلك تفريغاتها الكهربائية، تُعتبر من الأشياء العلاجيّة لدى العديد من قبائل الهنود الحمر. والجدير بالذكر أن قوة التيار الكهربائي الذي يولّده **القرموط الأفريقي** تصل إلى 400 فولت، أمّا الأنكليس فتصل إلى 600 فولت. لكنّ قدرة المحطة الكهربائية القابعة في جسم سمكة الأنكليس لا تبلغ سوى كيلووات واحد، والسبب الذي جعل هذه السمكة في حاجة إلى مثل تلك الفولطية العالية، يعود إلى كون المياه العذبة تعتبر بمثابة موصل رديء للكهرباء ذي الفولطية الأقل، ولا يكون خطيراً إلا من مسافات قريبة فقط. أما **الرعّاد البحري**، فإن فولطيّة أقلّ من ذلك (وهناك لا بد من الإشارة إلى أن ماء البحر يعتبر بمثابة موصل جيّد للكهرباء)، تأثيره يكون كبيراً.

وتقسم الأسماك الكهربائية إلى نوعين من حيث شدة التيار المتولد:

الأسماك المولّدة لتيار كهربائي منخفض كأسماك **غايمنارشوس** التي تولّد حقولاً كهربائية بتردّدات (ذبذبات) منخفضة تسمح لها باكتشاف الأجسام القريبة إليها. وما يدعو للدهشة حقاً، أنّ هذه الأسماك تستطيع تبادل المعلومات فيما بينها عن طريق إرسال إشارات تيّار معدّل. ومن أمثلة ذلك: إمكان بثّ المعلومات الكفيلة بالحفاظ على قوافل الأسماك مجتمعة، وكذلك إمكانية نشوب نزاع كهربائي بين قوافل الأسماك حول حدود أماكن وجودها، فضلاً عن أغاني التزاوج بين

أفرادها. لقد أثبتت هذه القدرة على الاتصال عند هذه الأسماك فائدة كبيرة عند اصطياد الأسماك الكهربائية، حيث أنها تنجذب إلى الشصّ أو شبكة الصيد استجابة لإشارات كهربائية معيّنة يطلقها الصيّادون أثناء عملية الصيد.

الأسماك المولّدة لتيّار كهربائي عالٍ كأسماك **الشفنين البحري والأنكليس الكهربائي**، حيث تستطيع هذه الأسماك توليد جهود كهربائية عالية جداً من (300 - 800 فولط) مقارنة مع أبناء عمومتها من أسماك التيار المنخفض كي تشلّ فرائسها، وتُبعد الغُزاة المتسللين من الحيوانات الأخرى. والجدير بالذكر أن **سمك الأنكليس الكهربائي** يحتوي على ثلاثة أعضاء لتوليد الكهرباء هي:

- عضو يولّد تياراً كهربائياً لاجتذاب وإغواء الفرائس.
- عضو يولّد ساحة كهربائية ضعيفة لكشف الأشياء.
- عضو يولّد جهوداً كهربائية عالية اعتماداً على نوع وحجم السمكة. ويتراوح هذا الجهد من (300 - 800 فولط)، لذلك فإن أي فريسة تجرؤ أو لا تتنبه إلى الاقتراب من سمك الأنكليس الكهربائي، ستجد نفسها لا محالة أمام سدّ من الصدمات الكهربائية. إنّ أعضاء توليد الكهرباء في معظم الحالات متحوّرة من عضلات هيكلية. وكنموذج عن أعضاء توليد الكهرباء في الأسماك، يُذكر **سمك الراي الكهربائي**، حيث يوجد عضو توليد كهرباء كبير الحجم في كلّ جانب من جانبي الرأس ضمن الزعنفة الجانبية العريضة. ويتألّف عضو توليد الكهرباء من خلايا خاصّة قُرصية الشكل عديدة الأنوية. توجد هذه الخلايا منطمرة في مادة هلامية ومرتّبة في أعمدة، كلّ عامود مُحاط بنسيج ضام يعزله عن الأعمدة الأخرى. تشبه أعضاء توليد الكهرباء بأعمدتها العديدة، مجموعات من البطّاريات الكهربائية المربوطة على التسلسل.

ولا تختلف آليّة نشوء النبضة الكهربائية في لويحات الجهاز الكهربائي، اختلافاً يستحقّ الذِّكْر عن توليد تلك النبضة في العصب، أو في اللويحة الطرفية، أو النسيج

العضلي. وحتى مقدار النبضة الذي يبلغ /150/ ميلي فولط، إنما يعتبر مقداراً طبيعياً بالنسبة للخلايا العصبية والعضلية. بَيْدَ أنّه نظراً لوجود مثل ذلك العدد الهائل من اللويحات المتجمعة في أعمدة جسم **سمكة الأنكليس**، والذي يتراوح بين 6000 و 10000 لويحة متّصلة ببعضها البعض على التوالي، فإن المقدار العام للفولطيّة يمكن أن يصل عند هذه السمكة إلى 600 فولط. أمّا بالنسبة **لسمكة الرعّاد**، فإن عدد اللويحات المتجمعة في كل عمود ليس بالكبير ولا يزيد عن 1000 لويحة، غير أن عدد الأعمدة المتصلة ببعضها البعض على التوازي، يمكن أن يبلغ قرابة المئتين، ولهذا فإنّ فولطيّة التيّار قد تكون ضعيفة، أما شدّته فتكون كبيرة جداً.

في الحقيقة، لم تُعرَف تفاصيل كثيرة عن آليّة توليد الكهرباء في الحيوانات، لكن ما ثَبُتَ حتى الآن أنّ هذه الظاهرة تحتاج إلى مادّتين وأستيل كولين، وأنّ توليد الكهرباء يصحبُه انفصال المركّب الأخير إلى "أستيل" و"كولين". تُستخدَم الطاقة الكهربائية الناتجة في إرسال موجات كهرطيسية حول الجسم، ثم تُستقبَل الموجات المنعكسة بواسطة أجهزة حسّ خاصة توجد في الرأس أو قرب قاعدة الزعنفة الظهرية، أو في طرف الذيل كما في **ثعبان السمك الكهربائي**. وبذلك تشعر السمكة بكل ما يحيط بها، وتميّز الأشياء في الظلام، وفي الماء العَكِر قُرْبَ القاع الطيني، وتستطيع تحديد ماهيّة تلك الأشياء ومدى صلاحيتها كفرائس مع تحديد حجمها وبعدها واتجاهها. عندئذٍ تُطلِق شحنة كهربائية في الماء كي تشلّ الفريسة أو تقتلها. وقد سُجِّلت حالات قُتِلَ فيها إنسان أو حيوانات كبيرة كالحصان، بِشُحنَة كهربائية من بعض تلك الأسماك.

ليس **الأنكليس والرّعاد والقرموط** الأسماك الوحيدة التي تتمتع بهذه الأجهزة الكهربائية، فهناك ما يقرب من ثلاثمائة نوع آخر من الأسماك القادرة على توليد تفريغات كهربائية ضعيفة تتراوح فولطيتها بين (1,5 - 2 فولط). وقد ظنّ العلماء

في البداية أن هذه الأسماك (ذات التفريغات الكهربائية الضعيفة) تستخدم تيارها الكهربائيّ لقتل الحيوانات الصغيرة جداً، لكن وبعد دراسات عدّة، تبيّن لهم أن الهدف كان غير ذلك، فتطوّر الأجهزة الكهربائية لدى هذه الأسماك كان بهدف تقوية الحساسية الكهربائية، بَدَلَ زيادة وتقوية شدّة التفريغات الكهربائية.

ويعود السبب في ذلك إلى أنّ العديد من هذه الأسماك يعيش في ماء عَكِرٍ جداً وتمارس نشاطها في الليل على الأغلب، حتى أنّ بعضها كتلك التي تعيش في النيل مثلاً، وتسمّى **بالسمكة الطويلة الرأس،** تمتلك إضافة إلى محطّتها الكهربائية جهازاً خاصاً يتمتع بحساسية عالية تجاه الكهرباء، حيث تقوم المحطّة الكهربائية بتوليد 300 تفريغ في الثانية، مكوّنة بذلك مجالاً كهربائياً ضعيفاً يحيط بالسمكة، بشكل ثابت تماماً وبخطوط قُوى تلتقي ببعضها البعض عند منطقة الرأس. وخلافاً لكافة أنواع الأسماك الأخرى، فإن الأسماك الكهربائية لا تحني جسمها حين تسبح، كي لا تخلّ بالمجال الكهربائي الذي يطوّقها. وبمجرّد ظهور أي جسم غريب بالقرب منها، كأن يكون ذلك سمكة ضخمة مثلاً، يختلّ هذا المجال الكهربائي فوراً.

ولمّا كان جسم السمكة ذي موصليّة تفوق تلك التي يتمتع بها الوسط المحيط - أي الماء العذب - فإن خطوط القُوى تنزاح باتجاه السمكة المقتربة. وهذا ما ستلتقطه الأجهزة الكهربائية الحسّاسة للسمكة الكهربائية المختبئة، فتلوذ بالفرار تجنّباً لوقوعها في فخّ مميت نصبته لها السمكة الأكبر حجماً. ولا تستخدم الأسماك مثل هذا النمط الغريب لإنقاذ نفسها من هجمات الأعداء فحسب، ولكن لتذليل العقبات التي تعترضها أيضاً. إذ تراها تتحرك بواسطة هذا الجهاز بكل حريّة وسهولة في الظلام، شأنها في ذلك شأن **خفافيش الليل** التي تستخدم جهاز السونار أثناء حركتها في البحث عن طعامها، سواء كان ذلك ثماراً طازجة أو كائنات حيّة أصغر - كالحشرات.

وتجدر الإشارة إلى أن الغالبية العظمى من الأشياء التي يمكن للسمكة أن تصطدم بها في الماء، تتّسم بضعف موصليتها للكهرباء. لذلك، تتنافر خطوط القوى المحيطة بجسم السمكة من مثل هذه الأشياء، الأمر الذي يجعل بمستطاع السمكة التمييز ما بين الأشياء الجامدة - مثل الصخور والجذوع وما شابه ذلك- وما بين الأجسام الحيّة.

وهناك نوع من الأسماك يسمى **الجلكي** يُحدِث حوله حقلاً كهرطيسياً يوجّهه إلى فرائسه، ولم تُكتَشَف أعضاء توليد كهرباء في هذه الأسماك، لذلك يُقال بأن عضلات الجسم بأكملها تولدّ الكهرباء خلال حركتها، وبالتالي تُحدث الحقل الكهرطيسي المذكور. وممّا يدعم هذا الرأي، أنّه لم يكن في استطاعة **الجلكي** افتراس الأسماك الصحيحة الجسم عند وجوده في البحر، لأنّها كانت تشعر به وتفرّ منه، لذلك كان يفترس الأسماك المريضة والمصابة أو المحبوسة في شباك الصيادين.

وعندما انتقل **الجلكي** إلى البحيرات العظمى في أمريكا، فَتَكَ بالأسماك الموجودة فيها فتكاً ذريعاً. ولتعليل ذلك، اعتُمد على افتراض توليد الكهرباء بواسطة **الجلكي** كوسيلة للاهتداء إلى الفريسة، وأنّ الماء المالح مُوصِل جيّد للكهرباء، لذلك تشعر الأسماك البحرية بالمفترس وهو مازال على مسافة بعيدة وتفرّ منه. أمّا في الماء العذب، فإنّ التوصيل أقلّ كفاءة، وبالتالي لا تشعر الأسماك بالمفترس إلاّ بعد أن يصبح على مسافة قصيرة لا تسمح لها بالفرار، فَتَهْلك.

ومن ناحية أخرى، فَعِند وضع الشباك المكهربة على مجاري الأنهار، تبتعد الأسماك عنها لوجود مجال كهربائي حولها، بينما ينجذب **الجلكي** إليها، كما لو أن هذا المجال الكهربائي يدلّ على سرب من الفرائس، وعندما يلامس الشباك يُصعق ويموت. وهناك سمكة عجيبة تعيش بالقرب من سواحل القارّة الأميركية في المنطقة الاستوائية من المحيط الأطلسي، تسمّى بالسمكة **السكّين** وتحمل لاقطها

على ذيلها. لذا فإنّها تتحرّك إلى الوراء عند مرورها بين الصخور والممرّات في الأعشاب البحرية، مع حشر ذيلها في كل حفرة. ومثل هذه الطريقة مريحة للغاية، لأنّها تسمح للسمكة بالهرب في أية لحظة ترى نفسها فيها معرّضة للخطر أو للوقوع في شرك الأعداء.

وهناك سمكة أخرى تسمّى **الجمينارك** تستخدم جهاز الرادار الكهربائي أثناء بحثها عن فريستها بشكل دقيق للغاية. ولكي يؤدّي جهاز الرادار وظيفته بالشكل المطلوب، لابد من تمّتع الأجهزة المستقبِلة للتيّار الواقعة في جلد تلك الأسماك بحساسية عالية للغاية. وبالفعل، فإنّ سمكة **الجمينارك** قادرة على ملاحظة أي تغيّر يطرأ على شدّة التيار الكهربائي ولو كان صغيراً جداً. وتتيح مثل هذه الحساسية العالية للسمكة إمكانية التمييز ما بين الفريسة الحقيقية وما بين الطُعم الذي تختفي بداخله الصنّارة الفولاذية، وبوسع القارىء أن يكون على ثقة بأنه من المستحيل خداع سمكة الجمينارك بأي طُعم. وخاصية الحساسية الكهربائية العالية يتمتّع بها العديد من أنواع الأسماك، بل وحتى البرمائيّات، والخطّ الجانبي عند هذه الحيوانات يكون بمثابة جهاز استقبال الكهرباء.

وكافّة الأسماك الاعتيادية من فصيلة **الرعّاد الكهربائي**، شأنها في ذلك شأن الأسماك من فصيلة **الجمينارك** تتمتّع بمحطّات كهربائية ضعيفة. ويتمثّل ذلك بالنسبة للأسماك من فصيلة الرعّاد الكهربائي في (كبسولات لورنتسيني). إن كبسولات لورنتسيني معروفة من زمن طويل، حيث اكتُشِفت هذه الكبسولات عام 1678 م من قبل العالِم لورنتسيني فسُمّيت باسمه، وقد اعتبر لورنتسيني تلك الكبسولات بأنها غدد مخاطية يكثر وجودها في جلد الأسماك. بيد أنّ السُدادات الهلامية الشكل في القناة، والمحتوى الأكثر سيولة للكبسولات نفسها أَوْحَت بفكرة مفادها أن هذه الكبسولات مخصصّة لأداء وظيفة خاصّة ما، وليس أبداً لإفراز مواد زيتيّة إلى الخارج. وعلى الرغم من ذلك، فإن رأي لورنتسيني ظلّ راسخاً

على مدى الأعوام المئتين والخمسين التي أعقبت ذلك التاريخ. ويبدو أن السبب في ذلك يعود إلى أن تلك الكبسولات لم تحظَ بأيّ اهتمام يستحقّ الذكر.

وفي القرن الماضي، اكتشف العلماء أنّ كبسولات لورنتسيني تتمتّع بحساسية عالية للغاية تجاه الفولطيات الضعيفة جدّاً للمجال الكهربائي. **فثعلب البحر** يستطيع الإحساس بمجال كهربائي يتراوح مابين 0,02 و0,01 ميكرو فولط لكل سنتيمتر والردّ على مثل تلك التأثيرات بإبطاء التقلّصات (التشنجات) القلبية. وهذا يعني أنها تتمتّع بحساسية عالية تفوق حساسية أسماك **الجيمنارك** بما يتراوح بين 30 و 50 مرّة. وبذلك اتّضح الآن تركيب كبسولات لورنتسيني، فالموصلية الكهربائية للجلد عالية جداً.

وبُغية منح المستقبِل الكهربائي القابع في باطن الجلد حساسية عالية، دعَا الأمر إلى توصيله بالمحيط الخارجي بواسطة مُوصِل خاص. وهذا بالذات ما تفعله القناة المملوءة بمادة تتميّز بقابليتها الجيّدة على توصيل الكهرباء. وجدران القناة والكبسولة نفسها تكون بالنسبة للمستقبِل الكهربائي بمثابة عازل ضد التفريغات الكهربائية للجهاز العضلي **للرعّاد** نفسه.

وفي ظَهارة الكبسولة، تقع خلايا الاستقبال التي تصل إليها الأنسجة العصبية، وتكون قمم الخلايا مزوّدة بأهداب وموجّهة نحو تجويف الكبسولة، وتلعب هذه الأهداب دور عنصر الاستقبال في المستقبِل. وبواسطة المستقبِل الكهربائي يستطيع **ثعلب البحر** التقاط الجهود البيوكهربائية التي تتولّد في أجسام الأسماك الأخرى، الأمر الذي يجعل بإمكانه أن يكتشف الأسماك الصغيرة في الأماكن الرملية الضحلة مهما أبدعت تلك الأسماك في تمويه نفسها. إذ يكفي لثعلب البحر الاهتداء فقط بالتفريغات الكهربائية التي تتولّد في الجهاز العضلي للفريسة أثناء تنفسها، فتراه ينقضّ دون سابق إنذار على فريسته التي لم يكن يساورها أدنى شك في وجود عدو قريب يتربّص بها.

أما بالنسبة **لراسمة التذبذبات البحرية،** فإنها تشكّل اكتشافاً رائعاً لكل من يهتم بعلم النفس غير الحسّي. ولعلّ الكثير ممن أتيح لهم مراقبة سلوك بعض أنواع الأسماك الصغيرة التي تنتقل أسراباً في البحر، قد دُهِش لما رآه من تناسق رائع في حركة تلك الأسماك ومناوراتها. إذ تقوم العشرات، بل المئات والآلاف في بعض الأحيان بتغيير اتجاه حركتها في نفس اللحظة، وكأنّ أحداً ما قد أصدر أمراً بذلك. ومازال العلماء حتى الآن عاجزين عن تحديد هويّة هذا القائد المجهول ومعرفة الطريقة التي تنتقل بها تلك الأوامر.

ومن المحتمل أن تستخدم الأسماك في عملية الإيحاء هذه إشارات كهربائية ضعيفة. فالتيارات البيولوجية تتولّد في كافة العضلات والأعصاب، بل إنها تتولّد قبل ذلك في الدماغ، الذي يرسل أوامره إلى الأجهزة والأعضاء العاملة في الجسم. ومن الممكن أن تنتقل هذه الأوامر إلى خارج نطاق السمكة، ذلك أن ماء البحر يعتبر بمثابة موصل ممتاز للكهرباء.

الفصــل الثـــامن

الهِجْــرَةُ وَالتَّـــو جِيْـهُ

الـهـجـرة والتـوجـيـه

الهجرة: هي الانتقال من مكان إلى آخر. وهناك تعابير مختلفة تحدد أنواع الهجرات يمكن ذكرها كالآتي:

ـ فالتعبير Migration يُقصد به الهجرة بصورة دورية من مكان إلى آخر، ثم العودة إلى المكان الأوّل.

ـ والتعبير Emigration يُقصد به مغادرة المكان دون أية نيّة في العودة إليه.

ـ ثم التعبير Immigration يُقصد به الوصول إلى مكان جديد.

وتقسّم أنواع الهجرات تبعاً للهدف الذي تنشده إلى:

هجرة من أجل الغذاء Alimental migration، أو هجرة بسبب فصول السنة والبحث عن مناخ مناسب وتدعى **هجرة مناخية** Climatic migration، أو من أجل التكاثر وتدعى **هجرة مشيمية** Gematic migration.

أما من حيث الاتجاه، فهناك الهجرة من الجنوب إلى الشمال صيفاً ثم العكس شتاءً، وهذا ما يُدعى Latitudinal migration.

أما **التوجيه**: فيُقصد به مقدرة الحيوان على العودة إلى مكان يعرفه عند إبعاده إلى مكان آخر مجهول لديه. وإذا كان يمكن تفسير التوجيه في بعض الحالات على أساس العلامات الأرضيّة، أو الاستعانة بالشمس ومواقع النجوم، فلا يُمكن تفسيره في حالات كثيرة، مثل توجيه **سمك السلمون وثعابين البحر** أو الطائر البحري **جلم الماء** Shear water الذي نُقِل بالطائرة من شواطئ بريطانيا إلى أميركا وأطلق هناك، فعاد إلى موطنه في بريطانيا، حيث وصلها عابراً المحيط الأطلسي بعد بضعة أيام من إطلاقه في أميركا.

وهناك العديد من الحيوانات الثديية التي تقوم بهجرات منتظمة مثل **الفقمة ـ الرنة ـ الجرذ النرويجي** وبعض أنواع **الغزلان الجبلية**. وتَتَبَّع بعض الثدييات خلال

تحرّكها سلوكاً معيناً، من أطرفها التحرّك ضمن رَتْل أُحادي في بعض أنواع القوارض من جنس Crocidara، حيث يسير فَرْد كبير في السنّ كدليل، ثمّ تتبعه الأفراد الأخرى الصغيرة، بحيث يقبض أوّلها بأسنانه على مؤخّر الدليل، والثاني يقبض على مؤخّر الأول، وهكذا حتى يتكوّن رتل طويل. وقد جرى تصوير هذه الظاهرة لأوّل مرة عام 1957.

كما تُعتبر ظاهرة الهجرة متأصّلة وواسعة الانتشار بين الطيور، حيث يبلغ عدد الطيور المهاجرة نحو 8600 نوعاً. فطيور Aphriza Vigata التي تستوطن المناطق الجبلية في ألاسكا، تقطع في رحلتها مسافة طويلة لتصل إلى جزر هاواي. أما بعض المجموعات الأخرى، فإنها تصل إلى مضيق ماجلاّن قاطعة أكثر من خمسة عشر ألف كم. وهناك طيور صغيرة تطير فوق مياه المحيطات لمسافة 3300 كم، حيث يمكنها الطيران دونما توقف لمدة 33 ساعة.

وفيما يلي نماذج من هجرات كائنات حية مختلفة:

أولاً: الهجرات الدورية

1- هجرة الطيور

إن قدرة الطيور على تحديد اتجاه طيرانها رائعة ومثيرة للدهشة. فكيف تستطيع هذه الكائنات الحية أن تعود إلى موطنها الذي غادرته قبل عدة أشهر، وهذه العودة ليست إلى المنطقة فقط، بل إلى نفس القرية وإلى نفس المنزل الذي انطلقت منه في بداية رحلتها. إن أكثر النظريات شيوعاً حول تحديد الطيور لاتجاه رحلة طيرانها تتلخص في أن الطيور تتعلّم بنفسها اتجاه طيرانها.

يمكن أن يكون ذلك صحيحاً بالطبع، وهناك أمثلة كثيرة تؤيّد ذلك. لكنّ العالم الألماني شوتز Schotz أثبت أنّ الطيور تذهب في رحلاتها الدورية حتى دون أن يعلّمها آباؤها ذلك، فقد وجد أن الطيور الشابّة التي أجرى التجربة عليها، تذهب في هجرتها المعتادة بدون قائد أو دليل معتمدة في ذلك على غريزتها الفطرية. لكّنها

عندما تختلط بطيور أكبر سنّاً منها من نفس النوع وتعيش في منطقة أخرى، - مثلاً: اختلاط الطيور الشابّة من **لقالق أوروبا الشرقية** مع الطيور الأكبر سنّاً من **لقالق أوروبا الغربية** - فإنها تتأثّر بقيادة الطيور الكبيرة، ويكون لها أكبر الأثر في اختيارها لطريق رحلتها.

وهكذا، فإن تأثير الجيل القديم يفرض نفسه على اختيار الشباب لطريق رحلته، غير أن هذا الاختيار يتحدّد بالغريزة الفطريّة بالدرجة الأولى. لكنّ أموراً كثيرة في هذا المجال لم تزل غير واضحة حتى الآن.

وقد تبيّن أنّ الطيور المهاجرة نهاراً تحدّد خطّ سيرها حسب ارتفاع الشمس عن الأفق، أي أنّها تستخدم (أجهزتها الملاحيّة الخاصّة)، وهذا ما أثبتته نتائج التجارب التي أجراها الباحث كرامر Kramer على طيور **الزرزور**.

لكن هناك بعض أنواع الطيور التي ترتحل ليلاً، فكيف تتوجّه هذه الطيور؟ هناك اعتقاد بأنّ هذه الطيور تتوجّه بواسطة النجوم. وقد أوضح هذه المسألة وأثبتها عالم الطيور الألماني زاوير Zawer عندما أجرى تجربته على طيور **السلافكا الصغيرة**، وهي نوع من الطيور المغرّدة أصغر من **عصفور الدوري**. من المعلوم وجود أجهزة بيولوجية في أجسام الطيور تؤثّر في توجيه حركة طيرانها، لكن من غير المعروف كيف تعمل هذه الأجهزة ولا طبيعة الآلية التي تعمل بها.

إن سرّ قدرة الطيور على التوجّه في الفضاء بقي غامضاً، ولم يتمّ الكشف عنه حتى الآن، غير أن العلماء تمكّنوا من تحديد عدد من الظواهر، التي يمكن أن تساعد في التوصّل إلى فهم ماهيّة وآليّة توجّه الطيور.

فقد لُوحِظ مثلاً أنّ الطيور المهاجرة تنحرف عن خطّ سَيْرِهَا عند عبورها مجال محطّات البثّ الراديوي والمحطّات الرادارية، لكن للجبهات الهوائية الباردة أيضاً نفس التأثير. وقد تمّ الوقوف في حالات عديدة، على أنّ البقع الشمسية تؤثّر بدورها سلباً على توجيه **الحمام الزاجل**.

وتلعب قدرة الطيور على الرؤية دوراً هامّاً في عملية توجّهها أثناء طيرانها. فالطيور ترى الشمس والنجوم والقمر، وتتعرّف بواسطة العلامات المميّزة على منطقتها وأعشاشها، غير أنّ الكثير حول ذلك لم يزل غامضاً حتى الآن.

إن الكشف عن أسرار توجّه الطيور أثناء طيرانها في الفضاء هو مهمّة من المهام التي سيتكشف عنها مستقبل البحث في علم الحيوان، والسلوك الحيواني. وسوف نأخذ مثالاً على هجرة الطيور من خلال هجرة طائر **الخرشنة القطبي** Arctic tern. إنّه طائر متوسط الحجم يعيش في جُزُر المحيط المتجمّد الشمالي، في غرينلاند والأجزاء الشمالية من كندا، آلاسكا وسيبيريا، ويهاجر شتاء إلى المنطقة القطبية الجنوبية، ليعود في الصيف التالي إلى المنطقة القطبية الشمالية. وهذا يعادل رحلة سنوية بين المنطقتين القطبيتين في حدود 40,000 كيلو متر.

وقد تتّبع العالم السويدي كولينبرغ Kullenberg الطُرُق التي تتبعها هذه الطيور خلال رحلتها، فتبيّن أنها تطير فوق التيارات المائية الباردة وتتجنّب المياه الدافئة، ولو أدّى ذلك إلى إطالة الرحلة. يتحرك معظم هذه الطيور من المناطق الشمالية للقارّة الأمريكية وغرينلاند إلى سواحل أوروبا الغربية، وتطير فوق السواحل الغربية لأفريقيا.

وهنا ينقسم خط السير إلى فرعين: فبعض هذه الطيور يستمرّ على سواحل أفريقيا حتى رأس الرجاء الصالح ثم إلى المنطقة القطبية الجنوبية، والبعض الآخر يجتاز المحيط من ساحل أفريقيا إلى ساحل البرازيل، ومن ثم إلى المنطقة القطبية الجنوبية. وهناك طريق أقصر تّتبعه **طيور الخرشنة** التي تتوالد في آلاسكا، إذ تطير فوق الساحل الغربي للقارّة الأمريكية ومنه إلى المنطقة القطبية الجنوبية. وتتبع هذه الطيور في رحلة العودة نفس الطرق المذكورة والتي اتّبعتها حين قدومها.

ومن أنواع الهجرات الدورية في عالم الحيوان، تلك الهجرات لدى الكائنات الحيّة المائية مثل **الأسماك وثعابين البحر والسلاحف**، وسوف نذكر أمثلة موسّعة عن بعضها.

2- هجرة سمك السالمون Salmon

يصنف السمك عادة إلى ثلاثة أنواع: سمك يعيش في المياه المالحة، وسمك يعيش في المياه العذبة، وسمك انتقالي يعيش فترة من حياته في المياه العذبة ويقضي فترة أخرى في المياه المالحة أو العكس. وتتمّ غالباً عملية التنقّل هذه لغرض وضع البيض والتكاثر وحفظ النسل.

وأبرز من يتميّز بهذه الظاهرة **سمك السالمون وثعبان الماء**. فسمك **السالمون** Salmon الناضج والكبير والذي يتراوح عمره بين 4 - 7 سنوات، والقادم من شواطئ أوروبا، يتّجه إلى منطقة في شمال المحيط الأطلسي، ويقطع مسافات كبيرة تتراوح بين 4000 - 5000 كيلو متر، ويلتقي مع سمك **السالمون** القادم من بحار شرق أمريكا وشرق كندا، ثم تُكمِل هذه الجماعات رحلتها الطويلة من شمال الأطلسي إلى حيث تصبّ الأنهار الكثيرة مياهها في البحر.

ثم تتفرّق جماعات السالمون، وتتّجه كل مجموعة سمك إلى النهر الذي سبق ووُلِدت فيه، حيث ستضع بيوضها لتفقس عن سمك جديد، سيخلُف جيل الآباء الذي سيموت مكانه. وتتصرّف أسماك السلمون في البحر كما لو أنها أسماك مفترسة متوحّشة. فهي تفترس أسماكاً مختلفة مثل سمك **الرنكة، والبلم، والإسكمبري** وغيره. وشهيّة السالمون للطعام قويّة جداً، حيث يضطّر لاختزان كميات احتياطية من الدهون في جسمه ليستخدمها عند الحاجة، خاصّة أنّه مضطّر للتوجّه في رحلة عرس طويلة.

ورحلة العودة إلى النهر الذي وُلِدت فيه، هي أشدّ ما يثير العجب والاستغراب، ففي نهايتها تُثير الألم والحزن بالرغم من متعة متابعتها. فبعد أن تتعرّف أسماك

السالمون على الأنهار التي وُلِدت فيها، تبدأ رحلتها الشاقّة والمليئة بالصعوبات والمخاطر، وهي في مواجهة هذه الصعوبات والمخاطر، لا تتوانى عن بذل كل جهد ممكن. وتتجلّى هذه الصعوبات في الحواجز المائية الطبيعية، والتيّارات المائية الجارفة، وكذلك السدود التي قد يقيمها الإنسان من أجل اصطياد سمك السالمون، إضافة إلى خطر الحيوانات المفترسة مثل الدّببة، وغيرها من الطيور الجارحة.

وهي في مواجهة كل هذه الصعوبات والمخاطر لا تتراجع أبداً، ولا تفكّر في الطعام أبداً، وعندما تصل إلى الجداول العذبة الصافية، تكون قواها قد خارت وأجسادها امتلأت بالجروح التي تقرّحت بفعل الجراثيم والفطريات. وبالرغم من ذلك، تقوم بوضع البيض في حُفَر خاصّة تتشارك في صُنعها الذكور والإناث بين رمال وحصى القاع، ثم يلقّحها الذكر تلقيحاً خارجياً، وتطمُرُها الأنثى بعد ذلك وتغطّيها بشكل كامل.

وبالنسبة لأسماك **سالمون المحيط الأطلسي**، فبعد انتهاء الإناث من وضع البيض، لا تأكل شيئاً وهي في طريق عودتها إلاّ بعد وصولها للمياه المالحة، حيث تزيد أوزانها وتصبح أشدّ قوة. أما **سالمون المحيط الهادي** فهو يذهب مرّة واحدة لوضع بيوضه ثم يموت بعدها، وتصبح البيوض الملقّحة هدفاً وصيداً ثميناً للأعداء.

وبعد أن تفقس، تصبح الفراخ خلال عدّة أسابيع قادرة على تناول طعامها بنفسها. وتقضي الفراخ مدّة سنتين في المياه العذبة، ثم تهبط في صيف العام الثاني من عمرها إلى البحر، حيث يصل طولها بعد 3 - 4 سنوات إلى 30 سم. ولكن كيف يعود **سمك السالمون** إلى النهر الذي وُلِدَ ونشأ فيه ، بعد أن غَادَرَهُ لسنوات عديدة قضاها في متاهات المحيطات؟ ثم كيف يعود إليه بكلّ ثقة وبدون تردد،

ويتّخذ مساراً لا يحيد فيه ولا يضيع، رغم أنّه لم يعبره في حياته إلاّ مرّة واحدة وهو صغير، وفي اتجاه معاكس.

في إحدى التجارب، جاء العلماء بفراخ خرجت حديثاً في أحد الأنهار الأمريكية، وحملوها وألقوا بها في نهر آخر - نهر ويزر في ألمانيا - ثمّ انطلقت إلى البحار لتكمل دورة نموها، وبعد اكتمال نضجها، قامت بهجرتها المعتادة. ولكن إلى أين؟ إنها لم تعد إلى النهر الألماني، لكنّها عادت إلى النهر الذي أُخِذت منه وهي فراخ يافعة .. وازدادت حيرة العلماء.

وفُسِّر الأمر.. بأنّ عودة السمك إلى النهر الذي وُلِد فيه، إنّما تعود إلى الذاكرة الكيميائية والتي تتثبّت جزيئاتها - كيميائياً - في مراكز الشمّ في الدماغ عن طريق حاسّة الشمّ، حيث يشمّ ويتذوّق **سمك السالمون** رائحة ماء النهر التي تعبر فمه وخياشيمه، ثمّ يقارنه بما احتفظ به أرشيف ذاكرته من رائحة وطعم للماء الذي وُلِد فيه. وبعد التثبّت من الرائحة، ينطلق في مسار لا يحيد عنه.

إن خواصّ المياه (ترتسم أو تُسجَّل في ذاكرة فراخ السالمون) التي تكون قد خرجت لتوّها من البيوض، إلا أن الكيفيّة التي تتمّ بموجبها (برمجة) الجهاز العضوي للفراخ كي تتمكّن من العودة إلى موطنها الأصلي بعد رحلتها البحرية الطويلة، مسألة غير واضحة حتى الآن.

لكنّ المُدهش بشكل خاص، أن تجوال السالمون الذي يستمر عدّة سنوات في مياه البحار والمحيطات، لا يستطيع أن يمحوَ من ذاكرة أسماك السالمون، البرنامج الذي احتفظت به في ذاكرتها منذ خروجها للنور أوّل مرّة. وبالفعل، فقد تّم إتلاف مراكز الشمّ لمجموعة من سمك السالمون في إحدى التجارب، ففقدت القدرة على معرفة الاتجاه الصحيح للنهر الذي وُلِدت فيه، وانتشرت انتشاراً عفوياً في مختلف الأنهار الموجودة في طريقها عند نقطة الوصول.

وقد فسّر بعض العلماء تعرُّف السالمون على النهر الذي وُلِد فيه، عن طريق اهتدائه بحركات الشمس عبر توجّهها في الفضاء، حيث يصحّح السالمون مساره حسب توجّه أشعّة الشمس، بعد أن يصحّح انحرافها داخل الماء. وبإضاءة أحواض سمك السالمون بنور صناعي، وُجِدَ أنّه يعدّل اتّجاهه تعديلاً تدريجياً مع اتجاه الضوء، وكأنّه أمام شمس حقيقية.

3- هجرة ثعابين السمك

هي أنواع تتبع الجنس Anguilla من طائفة الأسماك العظميّة، وتعيش في الأنهار والجداول المائية العذبة في أوروبا وأمريكا. وقد بقيت طريقة تكاثر هذه الكائنات لغزاً محيّراً، وتم اكتشافها بعد جهود شاقّة وفترة طويلة، استغرقت ما لا يقلّ عن نصف قرن. بدأ ذلك عام 1856 عندما اكتشف العالِم الألماني كاوب Kaup سمكة صغيرة لا يزيد طولها عن 7 سم، وهي عريضة ومفلطحة وشفّافة، ولولا عيناها السوداوين تكاد لا تُرى في مياه البحر.

قام هذا العالِم بإعطاء هذه السمكة الاسم العلمي Leptocephalus أي **عريضة الرأس**. وبعد بضع سنوات، قام العالمان الإيطاليان غراسي وكالادروتشيو Grassi, Caladrucio بدراسة تفصيلية على هذه السمكة الغريبة، ولاحظا أنها ليست نادرة، بل توجد بكثرة في البحار، ولكن لم يرها أحد قبل (كاوب) لأنها شفّافة وصعبة الملاحظة.

قُبِضَ بعد ذلك على عدد من هذه الأسماك، وجرت عملية تربيتها في أحواض مائية. وبعد مدّة، لوحظ أنّ بعضها تحوّر إلى الشكل الأسطواني، وأصبح ثعباناً صغير الحجم، وبذلك عُرِف أن Leptocephalus هو عبارة عن الطور اليَرَقي لثعابين السمك. بقيت طريقة تكاثر هذه الأسماك مجهولة تماماً، حتى اكتشفها العالم الدانمركي شميدت Schmidt بعد مجهود استغرق سنوات عديدة. وفي عام

1920، كانت معظم الحقائق الخاصة بهذه الحالة قد عُرفت، والشرح الآتي يلخّص أهمّها:

تعيش **ثعابين السمك** في الأنهار الأوروبية والأمريكية التي تصبّ في المحيط الأطلسي، حيث تتوغّل الإناث صاعدة إلى أعالي النهر وتبقى الذكور قرب مصبّاتها. وتحتاج هذه الأسماك منذ وصولها إلى الطور الكامل وحتى البلوغ الجنسي، مدّة 8 - 15 سنة، حيث يتغيّر عندئذ لون الأسماك من الأصفر إلى الفضّي، وتكبُر عيونها في الحجم وتبرُز من محاجرها، كما يضمحلّ الجهاز الهضميّ. تتّجه الذكور والإناث إلى المحيط، حيث تقوم برحلة طويلة مسافتها 2000 كم خلال ستة أشهر من الأنهار الأوروبية، إلى موقع التكاثر في منطقة بحر **ساراجاسو** شمال شرق بورتوريكو، حيث ترتفع الأشنات إلى أكثر من عشرة أمتار في هذه المياه الدافئة، فتختلط وتتشابك وكأنّها في وسط غابة عذراء حقيقية تحت الماء.

يصل **ثعبان السمك الأمريكي** إلى نفس المنطقة أيضاً، قادماً من الأنهار الأمريكية، وتستغرق الرحلة منه شهراً إلى شهرين، حيث تغوص هذه الأسماك إلى الأعماق كي تضع البيض الذي يخصّب مباشرة، ثمّ تموت الذكور والإناث بعد إتمام عملية التكاثر، وبعد أن يفقس البيض عن يرقات لا يزيد طولها عن 7 مم، تسبح ببطء صاعدة إلى السطح.

تتّجه يرقات النوع الأمريكي غرباً إلى أمريكا والتي تصل خلال سَنَة، حيث تتطور اليَرَقة إلى الحيوان الكامل. أمّا يرقات النوع الأوروبي فتتّجه شرقاً، حيث يحملها تيّار الخليج إلى الساحل الأوروبي، ونظراً لبعد المسافة، فإنها تستغرق ثلاث سنوات حتى تصل إلى موطن آبائها، وعندئذ تتطوّر إلى الشكل البالغ وتتابع حياتها كما مرّ سابقاً.

ولسبب غير معروف، تفشل بعض الأفراد في الوصول إلى النضج الجنسي، باقية في في الأنهار، وتعيش لمدة طويلة وصل حدها الأقصى إلى 57 سنة. وفي هذه الحالة، تكبر الأسماك كثيراً في الحجم، فيصل طولها إلى مترين ونصف المتر، ووزنها إلى اثني عشر كيلو غراماً، بينما لا يزيد طول الإناث عن 10 سم والذكور عن 45 سم في الأحوال العادية.

ما زالت هجرة هذه اليرقات إلى موطن آبائها، وعدم اختلاط النوع الأوروبي مع النوع الأميركي، من المعضلات في سلوك الحيوان حتى الآن، وكذلك عودة هذه الأسماك بعد سنين عديدة إلى المكان الذي وُجِدت فيه في بداية حياتها، كي تضع بيضها، ولم يتم وضع تفسير معقول لهذه الظاهرة.

4- هجرة الخفافيش

لأنّها تمتلك القدرة على الطيران، تتمكّن **الخفافيش** من مباشرة أنواع من الهجرات الشائعة لدى الطيور المهاجرة. ففي الخريف، تترك أنواع عديدة مساكنها الصيفية وتعود إلى المناطق ذات الشتاء الدافئ، حيث تقضي الفصل البارد من خلال الحفاظ على معدّل استقلاب منخفض. وتقوم الخفافيش بقطع مسافة من 800 - 900 كم مبتعدة عن مأواها الطبيعي، ثم تعود إلى موطنها الأصلي في مغاورها بعد أن تتعرّف عليها بمنتهى الدقة.

ثانياً: هجرات الجوع

تُفَسَّر هجرات الجوع لدى الحيوانات، بالحاجة الموجودة لديها إلى اكتشاف أرض مضيافة تكفيها مؤونة حياتها، وتساهم في زيادة نسلها وقوّتها. حيث تقوم هذه الحيوانات بالهجرة الطويلة، مدفوعة بضرورة تأمين بقائها، ولا مبالغة في القول إنّ غذاءها يجدّد مسيرتها فهو يتقدّمها وهي تابعة له.

فقد قام **التاتو** وهو جنس حيوانات مدرّعة من آكلات النمل، باستعمار منظّم في أمريكا الشمالية، مثل المهاجرين الذين كانوا يدفعون عرباتهم التي تقودها الثيران عبر السهول الكندية، مستصلحاً الغابة، وعاملاً بكل بساطة على تهيئة الأرض.

وقد وصل **التاتو** إلى لويزيانا بعد مغادرته المكسيك باتجاه الشمال، حتى أن سدّ المسيسيبي العظيم الهائل لم يوقف مسيرة التاتو. وفي عام 1940، أخذت حشوده الهائلة بالدخول إلى فلوريدا. ولم تتوقف مسيرة هذا المستعمر الجائع إلا عند حدود البرد القطبي القارص، الذي لا يمكن **للتاتو** مقاومته ولا الصمود أمامه.

وتسير **الفِيَلَة وظباء أفريقيا الجنوبية** نحو المطر، حيث تجوب هذه الظباء مثلاً آلاف الكيلومترات، وتتقدّم نحو الأراضي المعشبة المخضرّة والمستنقعات التي كوّنتها الأمطار. وفي الحقيقة، فإنّ كلّ الحيوانات العاشبة تقريباً تُجْبَر على التنقّل لتغيير مراعيها.

وليس هناك سوى **وحيد القرن الكركدن والزرافة** اللذان يحسبان من الحضر المستقرّين. أما **فرس النهر** (سيّد قشطه)، فإنه يهاجر في أوائل الشتاء، ويغادر في فصل الأمطار الأنهار التي كان يفضّلها، ليذهب ويعتكف في أعماق الأدغال، في مستنقعات موحلة. كما تغيّر **الأيائل، والخنازير البرية** المتواجدة في الغابات مكان معيشتها حسب توفّر الطعام. كما كان يطوف **الثور الأمريكي** Bison في سالف الأزمان، عند تغيّر الفصول، مروج سيوكس القديمة (وهي سهول في أميركا الشمالية) ومساحات دون حدود، عبر المناطق التي يسكنها.

أما **الرنّة، رنّة التوندرا الكندية**، فإنّها تقوم كل عام بسفر طويل لا ينتهي. وبعد أن تمّ تدجينها في لابونيا (شمال اسكنديناڤيا)، وأصبح الإنسان هو نفسه الذي ينظّم هجرة قطعانها، لم يعد زعماء هذه القطعان بحاجة لسماع نداء الطبيعة السري.

كما تفتّش **الغزلان والمها** (البقر الوحشي الكبير) في سنوات الجفاف الكامل عن مراع خصبة، لا يكون العشب فيها محترقاً حتى جذوره. إنّ **الغزلان** بأنواعها **والمها** في حالة سفر دائم، وتتعارف حتى في الأقطار التي لم تكن توجد فيها عادة.

وعند الحديث عن **الجراد**، تلك الآفة التي تتسبّب بأضرار تفوق الوصف، فإنه عندما يتكاثر بكثرة ويعيش في مكان ضيّق مزدحم، تضع الإناث بيوضها التي ينتج عنها صغاراً في طور الترحال. وقد صنّف العالِم البيولوجي أوفاروف Ofarov عام 1921 م الجراد المهاجر حسب نمط حياته إلى نموذجين: الجراد في طور الوحدانية (العزلة)، والجراد في طور الترحال.

فالجراد في طور العزلة (الذي يعيش طيلة حياته في موطن ولادته)، لا يرتحل ولا يتجمّع في أسراب جماعية، حتى أنّ كلّ جرادة تتحاشى الاقتراب من الأخرى، كما أنّ الجراد في هذا الطور لا يبتعد لمسافات كبيرة عن المكان الذي يعيش فيه. أما **الجراد في طور الترحال**، فإنه يتصرّف بطريقة مغايرة تماماً. فالجراد الذي يعيش منفرداً يسعى للاقتراب والتجمّع في سرب جماعي، وتبدأ أفراد الجراد بمساندة بعضها البعض. حيث يكفي أن تتوجّه جرادة واحدة إلى مكان ما، كي يتبعها بقيّة أفراد السرب. ويتميّز الجراد في طور الترحال عن الجراد في طور العزلة ليس بنمط حياته فقط، وإنما بمظهره الخارجي أيضاً.

فالجراد في طور الترحال، يملك لوناً قاتماً وأجنحة أطول. ولِلَون الجراد القاتم سبب وجيه، فكلّما امتص جسم الجراد أشعة الشمس بشكل أفضل، كلّما أصبح احتياطي الطاقة لديه أكبر. إن ظهور طور الترحال ينقذ الجراد من مشكلة التكاثر، فلو لم يكن هناك طور الترحال في حياة الجراد، لدخل الجراد حتماً في صراع مرير على التهام وكسب الطعام في المنطقة التي يتواجد فيها، وسيموت هو نفسه في نهاية المطاف.

وينطلق بعض أفراد الجراد في طور الترحال في طريق هجرته، حتى قبل أن يكتمل نموّه. فالجرادة يمكنها أن تبدأ رحلة هجرة طويلة حتى وبدون أجنحة للطيران، وفي هذه الحالة فإنها تتقدم عن طريق القفز.

وتندفع أسراب الجراد في رحلتها بسرعة وسطية 30 - 50 كم يومياً. غير أنّ الجراد قادر على التحرّك بسرعة أكبر. ووفقاً لبعض المعلومات، فإنّ أسراب الجراد قد طوّرت من سرعة تقدمها بحيث وصلت حتى 18كم/ سا. كما صُودِفت أسراب جراد تطير فوق البحر وبعيدة من الشاطئ نحو 1500 – 2000 كم. أي أنّ على الجراد أن يطير كل هذه المسافة التي لا يوجد فيها إلا الماء، دون أن يرتاح لحظة واحدة.

ويمكن لأعداد الجراد في السرب الواحد أن تفوق أي تصوّر، فقد لُوحِظ سرب من الجراد كان يغطّي مساحة 250 كم^2. ووفقاً لأكثر الإحصائيات تواضعاً، فإنّ مثل هذا السرب يحوي نحو 35 مليار جرادة (المليار ألف مليون)، أمّا وزنه فيبلغ 50 ألف طن. وتتراوح المساحة التي يغطّيها سرب جراد متوسّط من (5 – 12 كم^2)، ويحوي على (1 - 2 مليار) جرادة، بينما يبلغ وزنه (1000 - 3000 طن)، حيث يمكنه أن يقضي على نحو 20 ألف طن من النباتات الخضراء.

و**النمل الجوّال المرعب**، كائنات صغيرة تنتقل من مكان إلى آخر، محدثة الخوف والذعر لدى كلّ الكائنات الحيّة. فما أن يلمح سكّان أفريقيا وأمريكا الجنوبية صفوف النمل الجوّال، حتى يتجنّبوها أو يبتعدوا عنها.

غير أن العديد من الحشرات والديدان والعناكب، لا تستطيع الهروب في كلّ الأحوال من الموت المحتّم. فصفوف النمل الجوّال المتحركة باستمرار، تلتهم في طريقها كلّ شيء حتى الكائنات الصغيرة ذات الحركة البطيئة، كما يمكن أن تكون صغار الحيوانات الثديية من ضحاياها.

يوجد في الطبيعة 250 نوعاً من **النمل الجوّال** تعيش غالبيتها في المناطق الاستوائية، غير أن هناك 20 نوعاً تصادف في المناطق ذات المناخ المعتدل في أمريكا الشمالية. يهاجر النمل الجوّال على شكل مجموعات كبيرة من 100 ألف - حتى 20 مليوناً من أفراده.

يقضي النمل الجوّال جزءاً كبيراً من حياته في التجوال والتنقل. والتجوال ضروري له، باعتباره كائن مفترس بطبيعته. ويحتاج النمل الجوّال دائماً إلى مصدر متجدّد لطعامه، لذا نراه يقوم باستمرار بغزو كلّ من يصادفه في طريقه، حيث ينهب ما يقع عليه من طعام.

وأكثر أنواع **النمل الجوّال** خطورة هو **النمل الجوّال الأفريقي**. فإذا اقتربَتْ صفوف هذا النمل من قرية أفريقية، أسرع سكّان هذه القرية لمغادرة بيوتهم، مصطحبين معهم جميع ما يملكونه من بهائم. وإذا وقع وسط حشود النمل المتحرّكة كائن حي ما، كالدجاجة مثلاً، فإنها سرعان ما تتحوّل بفعل الهجوم الشرس للنمل الجوّال، إلى هيكل عظمي.

ولا يندفع السكّان المحلّيون لمغادرة القرية عند وصول النمل الجوّال الأفريقي إليها. لأنّه لا يسبّب ضرراً للمنتجات الغذائية، ولا يمسّ الطحين والحليب، بل على العكس، فهو يتصيّد جميع الحشرات والطفيليات والفئران والأفاعي. ووفقاً للقصص المتناقلة، فإنّ الأنهار الصغيرة لا تستطيع إيقاف تقدم النمل الجوّال، فهو يقيم فوق مياهها جسوراً متحرّكة ليتابع طريقه.

ثالثاً: الهجرة دون عودة

هناك بعض الهجرات التي تنفّذ بِنيّة عدم العودة. وهي حالة بعض **العناكب** التي تطير معلّقة بخيط حرير، وهذه حالة الكثير من **الفراش الطائر** بمجموعات كبيرة من أمريكا الوسطى إلى أمريكا الجنوبية مثل (Callidryas) بلونها الأصفر الليموني.

وهناك حالات تتكاثر فيها الحيوانات إلى درجة تقودها إلى التدمير التامّ لنفسها. فمثلاً **لاموس النروج**، نوع من جنس فأر الحقل، يتكاثر بشكل هائل على امتداد خمسة عشر إلى عشرين عاماً. وبعد أن يتجمّع أسفل جبل ما، يبدأ مسيرته بصفوف متراصّة مستقيمة، كأنّه جيش. ولا يحيد أبداً بفضل قادة هذا الجيش الذين يمتلكون حسّاً سليماً لا يخطئ، ولا تتأثّر هذه الحيوانات بأيّ عائق، ولا تلفّ، ولا تدور، وعليها اجتياز كلّ عقبة، ولو أُجبِرت على حفر أنفاق عظيمة بالاستقامة نفسها. ثم تستمرّ هذه القوارض الصغيرة في المحافظة على انتظام رتلها.

ولدى وصول هذه الحشود المتدفّقة إلى الساحل، يبدو عليها التعب والإرهاق، وقد نقص عددها كثيراً بسبب الحيوانات المفترسة مثل **السّمور، ابن عرس، الثعالب، الدببة والذئاب**. وترافق أيضاً **الطيور والجوارح** الموكب حتى البحر. ومن ينجو من هذه المسيرة، فإنه يرمي بنفسه في الأمواج متجهاً سباحة دوماً نحو الغرب. والغريزة التي تدفعه نحو ذلك غير معلومة. وأخيراً، تقوم الطيور المائية الكبيرة **كزمجّ الماء وطائر النورس** بالقضاء على كلّ ناجٍ من الغرق.

الفصـــــل التــــاسع

التَّعَـايُـشُ - مِيْثاقٌ غَيْرُ مَكْتُوبٍ فِي عَالَمِ الـحَيَوانِ

التعـايـش ـ ميثاق غير مكتوب في عالم الحيوان

بدون فلسفة، أو لفّ أو دوران، تقدّم لنا الحياة مفهومها للمشاركة في عالم الحيوان. لكن علينا أن نسارع ونقول: بأن الحياة لم تَستَعِن ببعض بنود اشتراكية الإنسان، لتطّبقها على بعض مخلوقاتها في دنيا النبات والحيوان، إذ ليس ما وضعه الإنسان من نظريّات ومبادئ واجتهادات، بذات فائدة تذكر في عالم الحيوان. فالأولى نظام حياة من صنع إله حكيم، والثانية من وضع بشر مجتهدين، ولا وجه للمقارنة بين ما جاء به الله، وما جاء به الإنسان.

واشتراكية الحياة، ببساطة، هي تحالف أو مشاركة بين كائنين أو أكثر. ولكلّ كائن منهم طريقة حياة تختلف عن طريقة حياة الآخرين، فقد يكون أحدهما على هيئة **فيل** عظيم، والآخر على هيئة **طائر** صغير، أو قد يكون أحد النوعين **سمكة** أو **سرطان بحر**، والآخر **دودة** لا حول لها ولا قوّة. أي أنّ المشاركة هنا ليست بين أفرد النوع الواحد، كما هو الحال في الإنسان، بل نراها تتوزّع بين كائنات لا تتشابه في المزاج ولا في السلوك ولا في طبيعة الحياة. ومع ذلك، فالتفاهم بينها قائم، والودّ دائم، والتعالي ممنوع، والتفاخر بالحسب والنسب وقوّة الجسد غير موجود.

وهذه المشاركة هي أفعال وسلوك وتجاوب وتفاهم، من أجل رفاهيّة وحياة وأمان الكائنين، اللذين ارتضيا هذه الظاهرة البيولوجية المثيرة. ولو أسعدك الحظّ بالتجوّل في الغابات الاستوائيّة الإفريقيّة لَسَمِعْتَ صيحات لطيور مختلفة، وقد لا تعني لك هذه الصيحات شيئاً، لكنّها تعني لبعض الحيوانات الشيء الكثير، فهي بمثابة صفّارة الإنذار كي يستعدّ هذا الحيوان لخطر قادم من الدّغل أو من الجهة الأخرى.

ومن الأمثلة القائمة على ذلك، العلاقة بين **الخرتيت** (الكركدن) وطائر صغير يقال له **نقّار الخرتيت،** الذي يعيش حياة مشاركة معه، حيث يقف على ظهره ويتجوّل في منتهى الحريّة على كل أنحاء جسم الخرتيت ملتقطاً الحشرات التي تضايق صديقه، متلذّذاً في الوقت نفسه بوجبة طازجة شهيّة. وفي الحقيقة، فإنّه يعمل كحارس شخصيّ له، حيث ينظر في الجهة المعاكسة لرأس **الخرتيت** الذي لا يستطيع التحرك بمرونة حركة الطائر نظراً لوزنه الكبير. ولا بدّ من القول أنّ أيّة صيحة خطر صادرة عن هذا الطائر الصغير، تُعتبر بمثابة وثيقة تأمين على الحياة لا تقدّر بثمن.

و**للفِيَلة** كذلك جهاز إنذار حيّ يتمثل في **طائر صغير** أو مجموعة من الطيور التي تلعب دور المنظّف ودور الحارس في آن واحد. وكما في حالة الخرتيت، فهي تقف وتنظر إلى الجهة المعاكسة لنظر الفيل.

و**للجاموس الوحشي**ّ القويّ جداً، طائر صغير يشبه **طائر أبو قردان المصري**ّ الذي يعتبر صديق الفلاّح المصريّ، حيث يلتقط الديدان التي تخرج من وراء الفلاّح عند حراثته للأرض. ويعيش هذا الطائر في تجمّعات **الجاموس** حيث نراه ينتقل من مكان إلى آخر على جسم الجاموس يلتقط الحشرات الحيّة الطازجة، ويقوم بدور الحارس في آن واحداً، مطلقاً صيحاته المنذرة عند إحساسه بأن هناك خطر قادم.

ما ذكرناه سابقاً، يمكن أن يبدو مألوفاً وطبيعياً. لكن هل يمكن أن نتخيّل أنّ طائراً يدخل بين فكّي تمساح ثم يخرج سالماً؟ في الحقيقة، إنّ هذا الطائر هو طبيب الأسنان بالنسبة للتمساح. فبعد أن يتناول التمساح وجبة دسمة، يدخل هذا الطائر في فمه لينظّف ما علق بين أسنانه القاطعة. فهو يؤمّن نظافة فم صديقه، وطعاماً لم يتعب في اصطياده. وبالإضافة إلى وظيفة طبيب الأسنان هذه، فإنّه يقوم بدور

المحذِّر من أيّ خطر قادم. فعند إحساسه بأيّ خطر قادم، ينطلق بسرعة الصاروخ إلى الخارج مالئاً الدنيا بصراخه هارباً، بينما ينزلق التمساح في الماء ناجياً.

وكلّما تجوّلنا في أنحاء الطبيعة نرى العجب، وقد توفّر البيئة البحرية ما لا توفّره البيئة البريّة، من أشكال تعايش قد لا تخطر على بال. فهناك **سرطان بحر** يلبس صدفة ليست له، وفوق هذه الصدفة حيوان شقائق النعمان، وهناك دودة تبرز من مقدّمة الصدفة. ما هذه التشكيلة الغريبة؟

يحتمي **السرطان** بالصدفة لحيوان مات تاركاً صدفته فارغة، حيث أنّ هذا السرطان معرّض لخطر الافتراس بسبب لحمه اللذيذ. ولا بدّ أنّ هذا السرطان قد لبس هذه الصدفة بعد أن استقرّت شقائق النعمان فوقها، ثم أتت هذه الدودة وتعايشت معهم. ولكن ما هي الفائدة التي يجنيها هؤلاء من بعضهم؟

لا بد من القول بأنّه عندما يصطاد السرطان صيداً، يترك بعضه كي يلتهمه شقائق النعمان. وبعد أن ينتهيا من طعامهما، تضع الدودة الصغيرة ما تبقّى من نفايات في معدتها، كانسة بذلك الصدفة ومحافظة على نظافتها. أمّا شقائق النعمان، فهو الحامي الذي يذود عن صاحبيه عند أي خطر قادم، حيث يمتلك مجموعة كبيرة من اللوامس التي ما إن يرتطم جسم بها، حتى تنطلق صواريخ موجّهة وغير موجّهة تصيب المهاجم، فتجبره على التراجع أو يقع صيداً ينعم به الجميع.

وربما يقول البعض عن الكلام الذي سنورده أنّ فيه الكثير من الغرابة، إذا قلنا إن مهنة التمريض ليست مقصورة على الإنسان، فهناك أنواع من الأسماك متخصصّة في تنظيف الأسماك الأكبر حجماً، من طفيليّاتها ومن جروحها المتقرّحة. ويُطلق على هذا النوع من الأسماك اسم **أسماك النظافة**، والتي تتميّز بفمها المدبّب الذي تستطيع بواسطته، تنظيف ومعالجة أصعب الزوايا في أجسام الأسماك الأخرى. وقد اكتشف العلماء نحو 45 نوعاً من الأسماك الصغيرة، التي تسهر على تمريض الأسماك الكبيرة، والتي تأتي من مسافات بعيدة إلى محطات

ثابتة تعيش فيها الأسماك الصغيرة والتي تقع عادة بين الشعب المرجانية أو عند رؤوسها، أو بجوار النتوءات الصخرية البارزة تحت الماء، أو على مشارف الأعشاب البحرية الكثيفة، كي تتلقّى المعالجة. وقد تسكن هذه الأسماك الصغيرة بجوار حطام السفن الغارقة.

وتكون **أسماك النظافة** مميّزة بألوانها الزاهية، واختلاف صارخ في اللون مع أرضية البيئة المائية التي تعيش فيها، بحيث يمكن تمييزها من قِبَل مرضاها دون حدوث أخطاء. وهناك أسماك مُحتالة مقلّدة لأسماك النظافة في الحجم واللون، مثل سمكة **البليني** التي تتقدّم إلى الأسماك القادمة للعلاج. وبدلاً من علاجها، تقوم بِقَضم شيء من جسمها أو زعانفها بفمها الحادّ، ثم تولّي الأدبار.

وعندما نريد أن ندرس ظاهرة **التعايش** بين الكائنات الحيّة البحريّة، نرى أن **المرجان** يستمدّ الكثير من ألوانه البديعة من الكائنات المتكافلة معه Symbionts، وهي مخلوقات تكوّن علاقة معيشية مع المرجان، يعتمد فيها كلّ نوع منهما على الآخر. وتعيش **الطحالب المتكافلة مع المرجان،** في خلايا **البوليب** التي تكون شفّافة عادة، ويحتوي السنتيمتر المربّع الواحد من نسيج المرجان على نحو مليون أو مليونين من الخلايا الطحلبيّة.

تستخدم **الطحالب** عمليّة التركيب الضوئي لإنتاج الكربوهيدرات التي تساعد في تغذية المرجان، حيث تحصل بعض أنواع المرجان على 60% من غذائها من هذه الطحالب. كما أن عملية التركيب الضوئي التي يقوم بها الطحلب تساعد في إنتاج كربونات الكالسيوم، ومن ثمّ تعجّل بنموّ الهيكل المرجاني. أما **المرجان** فإنه يزوّد الطحالب بالمغذّيات اللازمة لنموّها مثل النتروجين والفوسفور ويوفّر لها المأوى. وتساعد هذه العلاقة الطحالب في الحصول على احتياجاتها من المركّبات التي يشحّ وجودها في مياه المناطق المدارية الفقيرة بالمغذّيات، إلاّ في بعض المناطق المحدودة التي توجد بها تيّارات مائيّة صاعدة.

وتعتبر أنواع **النمل** المختلفة، من أكثر وأشهر الكائنات الحيّة قدرة على إيجاد علاقات تعايش متنوعة مع كلٍّ من النباتات والحيوانات. تتضمّن علاقات التعايش هذه تقديم الحماية والرعاية من قِبَل النمل، وحصوله مقابلها على مكافآت غذائية، تتمثّل في إفرازات سكّرية من أجسام الحيوانات التي يحميها، أو إفرازات رحيقيّة من النباتات التي يحميها من الحشرات العاشبة.

فالعلاقة بين **النمل والأساريع** (اليساريع) **المغرّدة** التي تنتمي إلى فصيلتين هما فصيلة (لايسيندي) وفصيلة (ريودينيدي) من فصائل أبي دقيق يمكن أن تتراوح ما بين (المعايشة التبادلية mutualistic symbiosis)، حيث يستفيد كل من الطرفين من الطرف الآخر، (والمعايشة التطفّلية parasiric symbiosis)، حيث يستفيد أحد الطرفين على حساب الطرف الآخر.

ولقد أظهرت التجارب، أنّ **النمل** قد أدّى خدمة جليلة **لأساريع أبي دقيق** من جنس (ذيسبي) بحمايتها من المفترسات. وتتوضّح طبيعة الفائدة التي يجنيها النمل من حمايته للأساريع، عندما نعلم بوجود زوج من الغُدَد القابلة للبروز، هما عضوا الرحيق في مؤخرة جسم الأسروع، حيث يفرزان قطرتي رحيق يرتشفها النمل بكل لهفة وهي تفضّل رعي الأساريع على الإفرازات النباتية المجاورة.

والتعايش بين **النمل والأساريع** علاقة اختيارية أكثر منها إجبارية، بمعنى أن كلا الطرفين يُفيد الآخر ويستفيد منه، دون أن يعتمد أحدهما في بقائه بشكل مطلق على الطرف الآخر. وفي الحقيقة، فإن إنخراط الأنواع في إحدى علاقات المعايشة يمكن أن يكون شيئاً مرناً تماماً، واعتماداً على الموقع الجغرافي والموطن البيئي، قد يرتبط نوع معيّن من الأساريع بأنواع مختلفة من النمل. فعلى سبيل المثال، قد توجد **أساريع أبي دقيق** من جنس (ذيسبي) متعايشة في مجال انتشارها الجغرافي مع نوع من النمل في كوستاريكا، ومع نوع آخر في بيلز، بل وغالباً ما يختلف نوع **النمل الراعي للأساريع** باختلاف مكان المعيشة في الغابة نفسها.

ومجمل القول، أنّ النمل الذي يرعى الأساريع، يقوم أيضاً بحماية ما قد يوجد في الموقع نفسه من حشرات أخرى ونباتات مفرزة للرحيق، بغضّ النظر عن جغرافية المنطقة.

ومن أكثر ظواهر التعايش بين الكائنات الحية غرابة، ظاهرة التعايش بين **سمكة المهرّج، وبين شقائق النعمان البحرية** التي يتحاشى الاقتراب منها أغلب الكائنات البحرية، نظراً للسمّية الشديدة التي تمتلكها هذه النباتات في لوامسها، والتي تسبب الشلل لكل من يرتطم بها، وتكون نهايته في جوف هذه الشقائق.

وقد حاول العلماء توضيح هذه الظاهرة الغريبة، فاكتشفوا احتمال أنّ **المهرّج** كان يحمل فائضاً من الطعام، عند اقترابه من **شقائق النعمان البحرية** للمرّة الأولى، فأتاح للأخير أن يُشبِع جوعه، فهدأت مشاعره العدوانية، وامتنع عن استخدام أسلحته الدفاعية. وما لبثت الحركات البهلوانية للمهرّج أن وجدت هوىً في نفس الشقائق، لما أحدثته من تدليك لطيف للوامسه. ولم يكن من العسير بعد ذلك، أن يتحوّل الاكتشاف المتبادل، إلى عادة، فعلاقة متوارَثة بين الحيوانين يحرصان عليها ويستمتعان بثمارها.

ويمكن رؤية نوع من الأسماك اسمه **سمك الجوبي الصغير**، الذي لا يزيد طول الفرد منه عن أصغر إصبع في يد الإنسان، وهو يقترب من الممرّات الحلزونية لكتلة ضخمة مستديرة من المرجان المعروف باسم **مرجان المخ**، حيث يقضي الليل تحت بولبياته الدقيقة، في حماية شبكة من الخلايا اللاسعة تظلّله مثل ترسانة من القذائف الصاروخية. حيث نشأت العلاقة بينهما، بحيث يؤمّن السمك الطعام للمرجان، ويؤمن الأخير له الحماية، فإذا اقترب منها أحد غيره، أطلقت عليه خيوطاً حلزونية تكبّله وسهاماً سامّة تخدّره وتقتله.

وهناك نوع من **البكتريا التكافليّة** والتي تتبع الجنس Rhizobium، تتعايش مع عدد كبير من **النباتات البقوليّة**، وذلك عن طريق تشكيل ما يسمى **بالعُقَد الجذريّة**،

التي تقوم بتثبيت الآزوت الجوي، كي يستفيد منه النبات في نموّه. وفي الحقيقة، لا يُمكن **للبكتريا** أو **النباتات البقولية** كلٌّ على حده أن يثبّت الآزوت الجوي، لكنّ نموّهما معاً، ينتج عنه استفادة كل من الطرفين، فتمدّ النباتات البكتريا بمصدر الطاقة عن طريق النسيج الوعائي، بينما يأخذ النبات بنفس الطريقة، الأحماض الأمينية التي تكوّنها البكتريا من تمثيلها للآزوت الجوي. والأحماض الأمينية التي تتكوّن، تكون غالباً زائدة عن حاجة النبات، لذلك تُفْرَز إلى الخارج.

وتقوم النباتات بتشجيع تشكّل العُقَد، عن طريق إفراز مواد منشّطة لنموّ البكتريا، والتي لا يقتصر فِعْلها فقط على البكتريا المكوّنة للعُقَد الجذريّة، بل يمتدّ إلى تنشيط نموّ مجموعات ميكروبيّة مختلفة. عندئذ تتجمع **ميكروبات الريزوبيا** عند مواقع معيّنة من سطح الجذر. وتشير الشواهد الحديثة، إلى أنّ عديدات السكّريات الموجودة على جُدُر الخلايا البكتيرية المُهَاجِمة، تعمل على ارتباط هذه الخلايا، بمركّبات أخرى توجد على سطوح جذور النباتات، التي تتميّز بمقدرتها على تكوين العُقَد على جذورها. بينما نجد أن هذا الالتصاق لا يحدث أو يوجد بدرجة قليلة بين بكتريا الريزوبيا والنباتات البقولية، التي لا تعتبر من العوائل النباتية المتخصّصة في إصابتها.

ومن أشكال التعايش المثيرة للانتباه في عالم النبات، ظاهرة التعايش بين جذر بعض **النباتات** مع **فطريّات مختلفة**، ويُطلَق على هذه الظاهرة التعايشية (الميكوريز Mycorrhize). وقد أُطلِق هذا الاسم لأول مرة عام 1885 من قبل الباحث فرانك Frank، وذلك لتمييز الناتج من اتحاد جذر مع فطر. ففي التربة الحامضية، تكثُر الفطريات حيث يكون الوسط غير ملائم لنمو **البكتريا والأكتينومايستس**، ويسود البراري والسهول والمراعي الواسعة نباتات عشبية، أغلبها من العائلة النجيلية التي تملك ميكوريزاً داخلياً، أمّا في الغابات، فتكثُر

الأشجار وأغلبها يكوّن الميكوريز. أمّا النباتات المزروعة من قبل الإنسان، كالقمح والأرز والذرة الصفراء والنباتات البقولية، فقد وُجد أنّها تكوّن الميكوريز أيضاً.

إن الأهميّة الكلّية للميكوريز على مستوى المحيط الحيوي لا تقدر، ولكن يمكن القول بأنّها عظيمة. ويمكن القول بأن عملية تكوين الميكوريز بشكل واسع، هي في نفس المستوى من الأهميّة مع إنتاج القمح. وقد ثَبُت أنّ تكوين الميكوريز يحمي المجموع الجذري للنبات من الإصابة بفطريّات مرضية. ويُفسّر هذا بأن الفطر المرضي لا يستطيع اختراق الجذر، نتيجة للغطاء الفطري الميكوريزي المتكوّن، أو أنّ الفطر الميكوريزي يقوم بإفراز مضادات حيوية في الوسط الميكوريزي، مانعاً بذلك تقدّم الفطر المرضي باتجاه الجذور.

ويُسهّل **الميكوريز** امتصاص المواد المعدنية كالآزوت والفوسفور، والتي تكون غير مُتاحة بشكل جيد في التربة، كما أنّ الفطر يقوم بإفراز بعض الأحماض والأنزيمات التي تمكّن النبات من الاستفادة من الآزوت في الأراضي ذات الدبال غير الناضج، كما يقوم الفطر بإنتاج بعض المركّبات، كحامض الغلوتاميك وعوامل النموّ التي يستفيد منها النبات العائل مباشرة. أما **الفطر الميكوريزي،** فيحصل على السكّريات وموادّ الطاقة من النبات العائل التي تسمح له بإنتاج أعضاء التكاثر.

وقد تم اكتشاف شكل من أشكال التعايش المثير بين (**الدودة الأنبوبية الرفتيّة** pachyptila Riftia) وبعض أنواع **البكتريا المؤكسدة لكبريت الهيدروجين** على عمق 2600 متر تحت سطح البحر في المحيط الهادي، على بعد 320 كم شمال شرق جزر **جالاباجوس**. ويُطلَق على علاقة التعايش القائمة هذه اسم **التعايش الداخلي التبادلي،** حيث تستضيف الدودة الأنبوبية الرفتية البكتريا المؤكسدة لكبريت الأيدروجين في جسمها، وتتلقّى منها جزئيات الكربون المختزلة، وهي بالمقابل تزوّد البكتريا بالموادّ الخام الضرورية لدعم الاستقلال ذاتي الاغتذاء

الكيميائي، وهذه المواد هي ثاني أكسيد الكربون والأوكسجين وكبريتيد الهيدروجين.

تمتصّ ريشة الدودة هذه المواد الكيميائية الأساسية، التي ينقلها جهاز دوران المضيف إلى البكتريا الكائنة في الجسم الغذائي. ويمكن اعتبار الجسم الغذائي للدودة كمصنع داخلي، حيث تنتج البكتريا مركّبات كربون مختزلة تقدّمها للحيوان المضيف ليتغذّى عليها.

وهناك عدد كبير من **النباتات** تؤوي مستعمرات من **النمل**، لتدافع بها عن نفسها في مقابل الغذاء أو المأوى. ففي النبات الاستوائي **هيدنوفيتم**، يُؤوي مستعمرات النمل في قواعد سوقه المنتفخة، حيث تدافع هذه الحشرات بشراسة عن مأواها، وهي بعملها هذا، تقوم بحماية النبات.

وهناك حالة مشابهة موجودة في كثير من أنواع **النخيل الاستوائي**، وفي أحد أنواع **الأكاسيا**، حيث يقطن النمل داخل الأشواك الساقية المجوّفة. وأي حيوان يُؤذي الشجرة، يدفع النمل للخروج إلى المعركة مسرعاً، ويا لها من معركة!

كما تنتشر حالات التعايش بشكل شديد جداً في عالم **الحشرات**، فمثلاً وُجِد أنّ **أسد المنّ** Chysopa carnea، يحتوي بداخل قناته الهضمية الخلفية **خميرة** تعيش معيشة تعايش معه.

وتتّفق جميع أشكال **الأشنات** مع بعضها في أنّها **نباتات مركّبة**، وهي خليط من فطر وطحلب، وتشاهد الأشنات على نطاق واسع، كقشور هشّة صغيرة على الحيطان القديمة. ويمكن تمييز **الخلايا الطحلبية والفطرية** في القطّاع العرضيّ المُكَبّر لأشنة بسيطة، حيث يميل الطحلب إلى تكوين طبقة منفصلة داخل الخيوط الفطرية. يتركّب الجزء الخارجي من الأشنة من خلايا فطرية متخصّصة تساعد على منع فقد الماء، بينما تقوم الخيوط الفطرية السُفلية بتثبيت الأشنة في مكانها.

ومع ذلك، فقد تختلط في كثير من الحالات الخلايا الطحلبية والفطرية بعضها مع بعض كما توجد في حالات أخرى طبقات إضافية عديدة.

ويعتمد الفطر الخالي من اليخضور على الطحلب في صنع غذائه، مقابل أن يستفيد الطحلب من الحماية من الرياح ومن فقد الماء التي يوفّرها له الفطر. وهذا يعني أنّ كلاًّ من عنصري الأشنة، يكون قادراً على النموّ في ظروف لا يمكن لأيّهما القدرة على العيش فيها على انفراد.

ولا يزال يتفنّن **النمل** هذا الكائن العجيب، بما يقدّم لنا من أساليب متنوّعة في التغلّب على مصاعب ومشاقّ الحياة. ففي بعض الأحيانّ يعيش النمل الضعيف الصغير، على مقربة من مساكن نمل قوي كبير، للحصول تحديداً على ضرب من الحماية من جيران أقوياء. وتبلغ هذه العلاقة أرقى مراتبها، فتتجاوز مجرّد الاستغلال وتبادل الخدمات بين الجيران، وتتّخذ وفق الغريزة ظاهرة ما يعرف **بالتكافل الحقيقي**. ومثال ذلك، ما يحدث في المناطق الاستوائية من أمريكا الجنوبية. فنوع **النمل الكبير الحجم ذو اللون البني** والذي يُعرف باسم **كمبونوت،** ونوع **النمل الصغير ذو اللون الداكن** المعروف باسم **كراماتوجاستر،** يعيشان معاً في مسكن شجري عجيب، يشتمل على أوراق ذات أنفاق من الطين تبنى حول فرع أحد الأشجار. ومثل هذا المسكن الشجريّ المبنيّ من الطين، يتمّ تزيينه من الخارج بالنباتات المعلّقة العلويّة التي لا تصل جذورها إلى الأرض، لكنّ نموّ هذه النباتات هو نموّ عَرَضيّ، يرجع إلى مَحْضِ الصّدفة ولا يلعب دوراً فيما يتّصل بحياة النمل.

وتسكن جمهرة **النمل الصغير الحجم** الطبقات الخارجية من العش، وتنهض شغّالاته للدفاع إذا ما طرأ طارئ مزعج. وتسكن جمهرة **النمل الكبير الحجم** في الوسط، مع أنّها على قدر كبير من الشراسة، إلاّ أنّها لا تخرج إلا إذا كان الخطر المحدق داهماً جسيماً.

وهكذا، يوجَد نوع من تقسيم العمل بين هذين النوعين، يماثل التقسيم الذي يحدث بين الشغّالات أو الجنود الصغار المنوط بها عمليات المناوشة في الحرب، وبين الجنود المدجّجة بالسلاح.

وحتّى في هذه الحالة، فإنّ صغار كلّ من النوعين يُحتَفَظ بها مستقلّة عن الأخرى، وتلقى رعايتها العاديّة، رغم أنّ الكبار من النوعين تواصل الاستفادة من الفوائد العسكرية سعياً وراء تأمين الغذاء.

كما أنّ هناك نوعاً من **النمل الصغير** يسمى **لبترتكس** يعيش معيشة تعاونية مع نوع من **النمل الأكبر** حجماً يسمى **ميرسين**. حيث يُنشئ النمل الصغير أروقته في جدران مساكن النمل الكبير ويحصل على غذائه من شغّالاتها، وذلك بأن يَعلو على ظهر مُضيفه ويظلّ يلعق أجزاء جسمه وبخاصّة أجزاء الفم. ويبدو أنّ نمل **الميرسين** يستطيب هذه المداعبة، لأنه يستجيب لها ويلفظ الغذاء مقابل هذه الملاطفة من مداعبيه الصغار.

وفي الحقيقة، لا تتوقف الطبيعة عن إتحافنا بصور مختلفة ورائعة للتعايش والتعاون بين الكائنات الحية. **فالأسود الهرمة أو الخنازير البريّة** التي أصبحت غير قادرة على مقاومة صعوبات الحياة، تتبنّى **شبلاً** من دون أم، أو **خنوصاً وحشياً مُهمَلاً لقيطاً**، لكن هذا العطف والمحبة ليست مجّانيّة.

وتعرف هذه الأسود الشائخة أنّها آيلة إلى العجز، ثمّ إلى الزوال، وتشعر حتماً بالوقت الذي تقيم فيه خادماً قوياً تابعاً لها، يصطاد لها أو يهشّ إناث الظباء. وبالنسبة للخنزير البري، فإن تابعه سينبش الأرض وينكشها لسيده الكبير، الذي فقد القدرة على ذلك، وسيكشف له عن الجذور العصارية اللذيذة التي يحبّها كثيراً.

ويرافق **سمك القرش** نوع من الأسماك اسمه **الزامور**، وبالطبع فليس هو النوع الوحيد الذي يرافق أسماك القرش على اختلاف أنواعها. فكم من قرش هَرِم يحمل في زاوية من حلقه، أو في نهاية شفتيه، إحدى هذه السمكات الصغيرات. ويقال بأن

الغوّاصين الأفارقة يستطيعون مقاتلة القرش بسيف قصير، عساهم يفلحون في انتزاع سمكة الزامور من فكّيه، لأنه يجفل بعدها ويدور على نفسه متراجعاً.

وتبادل العلاقة الغذائية بين **شغّالات النمل ويرقاته** يعتبر أكثر غرابة وإثارة للعجب. تحتوي اليرقة على قناة هضمية بسيطة، ولا تجمع بين اليرقات معدة اشتراكية، كما أنّها قادرة على التهام الطعام الصلب إلى جانب الطعام السائل.

وفي الحقيقة، فإن كثيراً من اليرقات له أشواك عدّة وحوافّ خشنة، بالقرب من قواعد فكوكها. وعند احتكاكها، يتولّد صرير من شأنه أن يلفت إليها انتباه الحاضنات، مثلما يحدث عند صياح الأطفال من بني الإنسان لتنبيه المرضعات وجذب اهتمامها.

وقد دلّت البحوث على **النمل والزنابير** التي أجراها العالمان روبود Robod وهويلر Hoiler، على أنّ اليرقات بعد تغذيتها، تقوم بإفراز سائل خاصّ تلتهمه الشغالات بِوَلَع وشراهة. وفي الزنابير وكثير من أنواع النمل، يكون هذا السائل عبارة عن لُعاب حلو المذاق. إلا أنّه في مُعظم أنواع **النمل** يخرج عن طريق الجلد مادة دهنية تلعقها الشغالات. وفي إحدى عشائر النمل، تكون اليرقات على غير العادة مزوّدة بزوائد تُفرِز مادّة أكثر تركيزاً، مما يسهّل الأمر على الشغّالات في الحصول عليها.

ويقول (هويلر) في هذا المجال: "ومع أنّ هذه الموادّ المختلفة تُفرَز بكميّات ضئيلة للغاية، إلاّ أنّ لها من الصفات والمزايا، ما يحمل الشغّالات على أن تسعى في لهفة زائدة للحصول عليها. وهذا يعلّل كثيراً من التصرّفات التي تُعزى إلى الحب الأموي من جانب الملكة والشغّالات، هذا الحُبّ الذي يتمثّل في اللّعق المتواصل والتدليل الدائم لليرقات.

كما يتمثّل هذا الحُبّ في استماتة الشغّالات في الدفاع عن اليرقات، وشدّة الخوف عليها عندما يتعرّض المسكن للخطر، والمبادرة بنقلها منه لوقايتها وإنقاذها من الهلاك. ويطلق على عملية تبادل المنافع هذه **بالمقايضة الغذائية**.

ويدفعنا الحديث في هذا الموضوع الهامّ، إلى وصف عملية تبادل المواد الغذائية بين الزنابير، حيث تُبدي هذه الحشرات بعض الظواهر التي تجعل الأمر أكثر وضوحاً وبساطة، فالمادّة التي تقدمها يرقات الزنابير للحشرات الكاملة، هي دائماً إفراز الغدد اللُعابية، التي لا تساهم عندها في الوظائف الهضمية، وإنما تُفرِز سائلاً سكّرياً غريزياً يُخصّص لمكافأة الحاضنات.

ويصف الباحث روبود Robod عملية مقايضة المواد الغذائية في الزنابير، فيقول: "بعد أن تقوم الحاضنة من الزنابير بتوزيع كريّات الطعام على اليرقات، تتقدّم وهي تهزّ أجنحتها بسرعة إلى فتحات العيون التي تضمّ اليرقات، لترتشف اللُعاب الذي يسيل بغزارة من أفواهها. واهتزازات جناح الحاضنة، تكون بمثابة إشارة لليرقة التي تبادر بإخراج رأسها من العين لتتلقّى نصيبها من الطعام. ويصحب هذه الحركة البسيطة غالباً إفراز اللُعاب، لكن إذا لم يظهر الإفراز، تقبض الحاضنة على رأس اليرقة بين فكوكها وتسحبه إليها، ثم تدفعه إلى داخل العين فجأة، حيث تثير هذه الحركات اليرقة، وتدفعها إلى إفراز لُعابها. وقد تعود الحاضنة عدّة مرّات لارتشاف هذا الإفراز بعد أن تكون قد قدمت لليرقة وجبة واحدة، مما يعتبر استغلالاً شائناً لليرقات دون تعويض غذائي مقابل. وتمارس هذه **العملية الاستغلالية** في الغالب مجموعة الشغالات التي خرجت للتوّ من الشرنقة، كما تمارسها الملكة والذكور.

وقد قدّم الباحث هالدين Haldin تفسيراً بيولوجياً أكثر وضوحاً في عملية مقايضة المواد الغذائية بين الزنابير، حيث بيّن أنّ هذه العملية ليست مجرّد تأدية خدمات في مقابل مكافأة غذائية، بل هي كذلك نوع من الاقتصاد في استهلاك

الطعام. حيث تُقدّم الحاضنات الموادّ البروتينية اللازمة لبناء أنسجة اليرقات، في حين تقدّم اليرقات ما يفيض عن حاجتها على هيئة قطرات سكرية.

ومن الأمثلة الرائعة على التحالف بين الكائنات الحية ما يقدّمه لنا التعايش بين **الأبقار** وتلك **الميكروبات الصغيرة** التي تعيش في المعدة الأولية. فالثدييات المجترّة **كالأغنام والأبقار** وغيرها تمتلك معدة أوّلية، تتخمر فيها الحشائش بهدوء. والمعدة الأوّلية نوع من المزرعة المستمرّة **للميكروبات اللاهوائية** التي تشمل الحيوانات الأوّلية (البروتوزوا) والبكتريا، وهي جميعاً تخمّر النشاء والسيليلوز في الحشائش، وتُنتج السكّريات وغاز الميثان وثاني أكسيد الكربون. من جهة أخرى، تكون عصارة المعدة الأوّلية غنيّة جداً بالميكروبات التي يمكن أن يصل عددها إلى عشرة مليارات (المليار = ألف مليون) في السنتمتر، وهي نشيطة جداً.

وتنتج البقرة العادية نحو 150 - 200 لتر من الغاز في اليوم، أما البقرة الضخمة الجيّدة التغذية الحلوب، فهي مصنع متحرّك للغازات، حيث تنتج نحو 500 لتر يومياً. ومن العسير تماماً زراعة بعض الميكروبات هذه في المختبر، لأنّها شديدة الحساسية للهواء. والمعدة الأوّلية - مع كلّ هذه الغازات - لاهوائية تماماً.

ويخفّف لُعاب الحيوان، وماء الحشائش المأكولة هذه المزرعة من الميكروبات بمعدّل ثابت. وبناءً عليه، يتمّ استبدال وتجديد محتوى المعدة الأوّلية في **الأغنام** مرّة واحدة كل يوم; فالخليط الذي يترك المعدة الأوّلية، يحتوي بصفة أساسيّة على بكتيريا وأحماض دهنية وغازات وقليل من جزيئات الطعام غير المتخّمرة. ويوشك تمثيل الحيوان أن يقتصر على الأحماض الدهنية وبقايا الميكروبات الميتة.

ولمّا كانت الأحماض الدهنية تعادل المواد الكربوهيدراتية، فالميكروبات هي التي تزوّد الحيوان كذلك بالفيتامينات والأحماض الأمينية اللازمة لنموّه. وتساعد في هذا المجال البكتريا المختزلة للكبريتات - وهي موجودة أيضاً في المعدة الأوّلية

- عندما تنتج الكبريتيد من أية كبريتات يتناولها الحيوان مع الحشائش. ويبدو أن **الأغنام** تستطيع استخدام هذا الكبريتيد في إنتاج بعض البروتين في أجسامها، وبنفس الأسلوب تعتمد الحشرات التي تأكل الخشب **كالنمل الأبيض،** على البكتريا المحلّلة للسيليلوز في تحليل الخشب في أمعائها، إلى موادّ تستطيع أن تتمثّلها.

وثمّة مثل ميكروبيولوجي طريف لهذا **الاعتماد الغذائي المتبادل** في حيوان أوّلي (بروتوزون) يسمى **كرايثيديا أونكوبيلتي** Crithidia oncopelti. ففي داخل الخلية الوحيدة لهذا الميكروب، وفي البروتوبلازم **بكتيريا متكافلة** تزوّد عائلها بحمض أميني يحتاج إليه في النموّ هو اللايسين Lysine، وهذه البكتريا حسّاسة للبنسلين، أمّا الحيوان الأوّلي فليس كذلك، ولو أنّ هذا الوحيد الخليّة حُرِّر من البكتريا، لمات نتيجةً لعدم تزويده باللايسين.

وعندما نرى **الحشرات** التي تتغذّى على الخشب والحشائش الجافة والريش والشعر والصوف وكذلك التي تمتص الدّم، يخطر ببالنا كيف تستطيع الحشرات هضم هذه الموادّ المعقّدة التركيب. وللإجابة على هذا التساؤل، نقول بأنّ هناك ارتباطات ثابتة ودائمة مع الكائنات الحية الدقيقة (تعايش).

ففي **الصراصير** وبعض أنواع **النمل والقمل الماصّ والقمل القارص**.. الخ، توجد هذه الكائنات الحيّة الدقيقة مثل البكتريا والكائنات الشبيهة بالبكتريا. وإضافة إلى ذلك، توجد السوطيّات في **الصراصير آكلة الخشب والنمل الأبيض،** كما توجد الخمائر في متجانسة وغمديّة الأجنحة. وفي كثير من الحالات، لا نستطيع التعرّف على طبيعة الكائنات الدقيقة هذه. وقد توجد هذه الكائنات الحيّة الدقيقة في بعض الحشرات في حالة حرّة في تجويف القناة الهضمية، كما في حالة السوطيّات التي تعيش في المعي الخلفي للصراصير آكلة الخشب والنمل الأبيض. وكما في حالة البكتريا التي تعيش في الزوائد الأعورية للمَعي الأوسط في الحشرات الماصّة للعصارة النباتية والتابعة لمتغايرات الأجنحة Heteroptera. أما في حشرة

Rhodnius، فتعيش البكتريا في كهوف بين خلايا الجزء الأمامي من المَعي الأوسط. وتوجد معظم الكائنات الحية الدقيقة في خلايا الأجزاء المختلفة من الجسم، وتعرف هذه الكائنات باسم الخلايا الفطرية Mycetocytes. وقد تتجمّع مع بعضها لتكوّن أعضاء تسمى الأجسام الفطرية Mycetomes.

والأجسام الفطرية كبيرة ومتعددة الخلايا، وتوجد في كثير من أنسجة الجسم المختلفة. وتوجد الكائنات الحية متّحدة فيها عادة، عندما تتميّز الخلايا في البداية في الطَّور الجنيني. ولكن في بعض الحالات، تنمو وتتطّور الخلايا لبعض الوقت إلى أن تغزوها هذه الكائنات. والأكثر شيوعاً، هو انتشار الخلايا الفطرية خلال الجسم الدهني كما في **الصراصير المنزلية**، وتكون في حشرات أخرى على هيئة خلايا منتشرة في الطبقة الطلائية للمَعي الأوسط، وفي حشرات أخرى قد تكون في الأنابيب المبيضية.

وتكمن أهميّة الكائنات الدقيقة المتعايشة مع الحشرات، في أنّ بعض الحشرات التي تحوي السوطيات المَعَوية، تستفيد من هضم هذه الكائنات للخشب مثلاً، ويتحرر منها موادّ يمكن للحشرة أن تستفيد منها. وقد وُجِد في بعض الحالات القليلة، أنّ الكائنات الحية الدقيقة تدعم الحشرة بمواد غذائية ضرورية. كما أن **الخمائر** الموجودة في Stegobium تزوّد الحشرة بفيتامينات (ب) ومواد أخرى تفرزها في القناة الهضمية للحشرة، وقد تكون هذه المركّبات عبارة عن نواتج عمليات الهضم التي تجري داخل الكائنات الحية الدقيقة. كما تزوّد هذه الكائنات **الصرصور الألماني** ببعض الأحماض الأمينية ومن الممكن الببتيدات الثلاثية ومجموعة فيتامينات (ب).

وقد وُجِد أن دم العائل المعقّم طبيعياً، يحتوي على بعض فيتامينات (ب) بكميّات أقلّ من التي تحتاجها الحشرة المتطفّلة. كما وُجِد أنّ هذا النقص يمكن أن يعوّض في حشرة Rhodnius، بواسطة الكائنات الحية الدقيقة فيها. وتوجد بعض

الأدلّة التي تشير إلى أنّ الكائنات الحية الدقيقة، والموجودة بالذات في الحشرات متجانسة ومتغايرات الأجنحة، تختص بالاستقلاب النتروجيني. وقد ينتج ذلك من تثبيت النتروجين الحرّ أو تحلّل مخلّفات نواتج الاستقلاب في الحشرة، مثل اليوريا وحمض اليوريك إلى موادّ نتروجينية يمكن الاستفادة منها.

قد تختصّ الكائنات الحيّة الشبيهة بالبكتريا **بتحديد الجنس**. ففي الأنثى البالغة، تُهاجِم الخلايا الفطرية المبيض وتصيب البويضات التي تجاورها فقط، وبالتالي تنتج الأنثى نوعين من البيض: بيض يحتوي على كائنات حية دقيقة، وآخر لا يحتوي على هذه الكائنات. فالبيض الخالي من الإصابة ينمو جنينه بكريّاً ويتطوّر ليُنتِج ذكوراً، بينما البيض المصاب يتطّور جنينه مُنتِجاً إناثاً.

ويختلف تأثير فَقْد الكائنات الحية الدقيقة باختلاف الحشرات، ويعتمد أيضاً على الطعام المُتاح للحشرة. ففي حالة غياب هذه الكائنات، تُصبح حشرة Calandra أصغر وأقلّ وزناً. بينما حشرة Rhodnius، والتي لا تحوي قناتها الهضمية كائنات حيّة دقيقة، فمن النادر أن تنمو اليرقة وتصل إلى طور الحشرة الكاملة.

الفصــــل العاشـــر

التَكَيُّـــــفُ

التـكيّـف

المحاكاة في النباتات

قد يكون تكيّف النبات على درجة كبيرة من التعقيد، فبعض أنواع **الأوركيدات** Orechids مثلاً تقلّد إناث بعض الحشرات، وتبدو نباتات أخرى وكأنّها حيوانات نافقة وتكون لها رائحتها، بل إنّ هناك نباتات تأخذ مظهر الحجارة. ولا تمثّل هذه التكيّفات الغريبة في الحياة، إلاّ عدداً قليلاً من الوسائل المعقّدة التي تعزّز بها النباتات فرص بقائها.

وقد انبهر علماء الأحياء منذ أكثر من قرن بقدرة تقليد بعض الأنواع لأنواع أخرى بهدف تضليل العدو، فيصبح بذلك في منأى عن الافتراس. وقد وصف عالم الطبيعة الإنكليزي و. بيتس W. Bates، استراتيجية البقاء الخاصة تلك لأول مرة عام 1862، فقد لاحظ أنّ بعض أنواع الفراشات الملونة بألوان زاهية في أمريكا الجنوبية، كانت متماثلة تقريباً في مظهرها، إلاّ أنّ بعضها كان سامّاً، في حين أنّ بعضها الآخر لم يكن منه ضرر على الإطلاق. وقد تصوّر أنّ الأنواع غير الضارّة تتنكّر على هيئة الأنواع الضارّة لكي لا يتمّ افتراسها. وسمّى هذه الظاهرة (محاكاة) أو (تنكّر mimic) وهي تُعرف اليوم تحت اسم (المحاكاة البيتيسية Batesian mimicry).

وتستخدم النباتات مثلاً هذا الأسلوب لزيادة نسبة التلقيح بين أفرادها، عن طريق محاكاة أفراد نباتية تقدم مكافآت للحشرات من رحيق وحبوب طلع، في حين أنّها –أي - الأولى لا تقدّم أي مكافآت بل تقلّد النباتات الأخرى، وذلك من خلال محاكاتها لعدد من الخصائص الفيزيائية والكيميائية (بما في ذلك اللون والقوام،

والرائحة، والشكل)، فلا تستطيع الحشرات أن تميّز بين النموذج والمحاكي، وبذلك تؤبّرهما كليهما.

وقد تطوّرت عدّة أنواع تابعة للجنس الأوروبي (أوفريس ophrys) تطوّراً لصيقاً مع حشراتها المؤبّرة، إلى درجة أنها أنتجت أريجاً مشابهاً للجاذب الجنسي لإناث الحشرات التي تقلّدها، إن لم يكن مماثلاً له. وتنجذب الذكور وخاصّة إذا لم تكن قد لقّحت أنثى، إلى أزهار النبات وتحاول النزو عليها، وبذلك تنقل حبوب الطلع بين نبات وآخر بعد اكتشاف الحشرة عدم مناسبة النزو، فتفتش عن مكان آخر.

وعلى نقيض واضح من استراتيجية الأزهار الزاهية المرتبطة بالنزاء الزائف، هناك استراتيجية تأبير تتّخذ فيها النباتات بعض خصائص اللحم الفاسد. وقد اكتسبت مثل هذه النباتات سِمَات تشمل الرائحة النتنة، والألوان المشابهة للّحم، والأوبار الغزيرة، وجميعها تنفّر الإنسان، لكنها تجذب الذباب والحشرات اللاحمة الأخرى. وتبلغ قوّة رائحة بعض النباتات إلى درجة يُقال معها، إنّ الناس يُغمى عليهم إذا ما تنشّقوه عن كثب.

ونادراً ما تُنتج محاكيات اللحم الفاسد رحيقاً أو أية مواد غذائية أخرى، وهي بدلاً من ذلك، تضلّل مؤبّراتها بالتظاهر بأنها موقع طعام مناسب لليرقات النامية التي تتغذّى عادة على أنسجة الحيوان الميّت، فتحطّ إناث الذباب على الأزهار مغشوشة برائحة اللحم الفاسد، حتى أنّها تبيض فيها في بعض الحالات. وتنتقل إناث الذباب من زهرة نتنة الرائحة إلى أخرى بحثاً عن مواقع لوضع البيض، ومع تقدّمها من زهرة إلى أخرى، تجمع عن غير قصد حبوب الطلع على أجسامها وتنقلها إلى مياسم الأزهار، وهكذا تقوم بعملية التأبير.

وهناك تطوّر مثير في بعض النباتات، حيث تطوّرت المحاكاة ردّاً على الافتراس من قبل الحيوانات. فقد اكتسبت بعض الأنواع الموجودة في إفريقيا الجنوبية تشابهاً شديداً مع الحجارة والحصى، حيث تحوّل النبات بكامله إلى ما

يشبه الحجر، كما في جنس Lithops، حيث لا يمكن اكتشاف هذه النباتات بين النباتات المنخفضة النمو، وخاصّة أثناء الفصل الجاف، عندما تذبل فتتغطى بسهولة بالرمل في أغلب الأحيان، فتنجو من خطر الافتراس من الحيوانات.

الاستخفاء باللون

يعتبر الاستخفاء باللون من الوسائل الدفاعية الهامّة التي تستخدمها الكائنات الحية لمواجهة أعدائها، وكذلك الكائنات التي تقوم هي بالتغذّي عليها وافتراسها. ويُطلق على هذا النوع من الدفاع باسم **الدفاع السلبي** أو **المشاكسة السلبية** Passire mimicry. فالأسماك الضفدعيّة يمكن أن توجد في كل لون يمكن تخيّله. ويمكنها أن تغيّر درجة لونها لتحاكي شيئاً ما يكوّن خلفيتها، كقطعة مرجان، وذلك خلال بضعة ثوان في بعض الأنواع. ولهذا السبب يستحيل فعلاً تمييز أغلب الأسماك الضفدعيّة عن خلفيتها، وبذلك فهي تفلت من أنظار مفترسيها، وحتى من أنظار الغوّاصين المتمرّسين والعلماء والمتخصصين في دراسة الأسماك.

وعملية التلوّن للاستخفاء، من الصفات المألوفة في الأسماك المد-جزرية. فالأسماك المفلطحة في الشواطئ الرملية كسمك **موس** مشهورة بقدرتها على محاكاة اصطباغ أجسامها لألوان القعر وأشكاله، وكذلك لدى الأسماك المد-جزرية الكثير من الألوان والأشكال لتماثل البيئة الأكثر تنوّعاً للشواطئ الصخرية. أما الأنواع التي تعيش بين الطحالب، فتكون ألوانها صارخة لتحاكي ألوان الأعشاب البحرية المحيطة بها، فعلى سبيل المثال، باستطاعة **أسماك الكتل** تغيير ألوانها من البنّي إلى الأخضر الزاهي وإلى الأحمر القاني، وذلك حسب لون الطحلب الذي تعيش بينه. وهذه الأسماك التي تغيّر ألوانها ببطء، تستمد أصباغها من فرائسها اللافقارية التي تسكن الأعشاب البحرية أيضاً.

ويحوي جدار الجسم في **الرأسقدميات**، عدا النوتيلات، خلايا مزوّدة بألوان غامقة، تكون مرتبطة بخيوط عضليّة تمكّن الخلية من الانبساط أو الانكماش،

وبالتالي يعمّ اللون القاتم سطح الجسم، أو يكاد أن يختفي تبعاً لهذه الخاصية. وتتراوح هذه الألوان بين الأصفر، البرتقالي، الأحمر، الأزرق، والأسود. وتتوزّع الخلايا الحاملة لهذه الألوان في مجموعات، تمثّل كل مجموعة منها لوناً. يتغيّر لون الجسم تبعاً للحالة النفسيّة للحيوان، فهناك ألوان محدّدة لانفعالات كلّ نوع، كأن يكون في وضع دفاع أو هجوم، حيث يأخذ ألواناً تحاكي لون البيئة التي يوجد فيها.

وعند انخفاض درجات الحرارة في الشتاء، تبقى بعض الحيوانات نشيطة رغم ندرة المواد الغذائية، ورغم هبوط درجات الحرارة إلى درجات غير ملائمة للكائنات الحية بشكل عام. والسبب في ذلك، أنّ معظم هذه الحيوانات تبقى قادرة على التكيّف تماماً مع ظروف الحياة، وتكافح كفاحاً شديداً من أجل البقاء الذي يرافق هذه التغيرات.

فالأرنب البرّي حيوان ثديّ مشهور بتغيّر لونه حسب الفصول، وقريبه **الأرنب البيضويّ** الذي يقطن البراري الشمالية القريبة من القطب، يُمضي الفصل البارد في أراضٍ جليدية وثلج عميق، وهو كباقي الأرانب من آكلات الحشائش والنباتات من الدرجة الأولى، وقادر على تأمين طعامه من لِحاء الشجر والبراعم، ولو كان الثلج الأبيض يغطّي الأرض. أما في الصيف، فيكتسي هذا **الأرنب** بغطاء رمادي أو بنّي، وعند اقتراب الشتاء، يبدأ بفقدان لون شعره الصيفي، ويطوّر غطاءً أبيض ناصعاً، كما ينمو له شعر كثيف على أقدامه، وعندما يأتي الثلج، يكون لهذا الأرنب لون يشبه لون البيئة المحيطة به ويصبح من العسير رؤيته.

إن هذا التغيّر في الألوان يحدث أيضاً مع بعض الطيور، حيث تغيّر ألوانها حسب الفصول، فهناك طائر غير مهاجر يسمى **الترمجان** وهو من فصيلة الدرّاج، يسكن في أقسام من كندا والمناطق القطبية. وفي أثناء الصيف عندما يذوب الثلج، يصبح ذي لون مزركش تختلط فيه الألوان الرمادية والبنّية والسوداء، بحيث تكون منسجمة مع خلفية الصخور والتربة. أمّا في الخريف، فإن ريش الصيف يتساقط

ويستبدل بريش أبيض، لكنّ هذه العملية تتمّ بالتدريج، حيث ينمو مكان الريش ريش انتقالي لمدّة شهر أو شهرين. وحالما يحلّ الشتاء، يصبح لون **الترمجان** أبيض ولا يتميّز لونه عن الثلج.

أمّا بالنسبة للحيوانات المفترسة التي تعيش في أمريكا والمناطق القطبية، فتصبح ناصعة البياض خلال فترة شتاء تلك الأقاليم مثل **ابن عرس والثعلب والذئب القطبي**. تستفيد هذه الحيوانات المفترسة من تغيّر ألوانها في مطاردة فرائسها، وهكذا نرى أنّ الطبيعة تفيد كلاًّ من الحيوان المفترس وضحيتّه على حدّ سواء دون تحيّز.

الدفاع الكيميائي عند النباتات

لقد طوّرت نباتات كثيرة طرقاً ماكرة تحمي بها نفسها، حيث تعمل على استخدام وسائل دفاع كيميائية، تكون بسيطة أو معقدة، فتصنع سموماً تسمّم المهاجمين، في حين يُنتج بعضها الآخر موادّ معقّدة التركيب، تتدخّل في حلقة نموّ المهاجم أو في مقدرته على هضم النبات.

فعشبة الخلاص تنتج موادّ انسلاخ نباتية، وهي مركّبات تحاكي هرمونات النموّ العادية في اليرقة - تسمّى ستيرويدات الانسلاخ- وترغم ستيرويدات الانسلاخ النباتية الحشرة على أن تكرّر عدّة مرات الوظائف الخلوية التي تسبق التحوّل عادة، دون أن ينفصل بالفعل الهيكل الخارجي لليرقة، وفي كلّ مرّة تشكّل اليرقة محفظة رأسية جديدة. ويعطّل تشكّل المحافظ الزائدة وظيفة القِطَع الفمويّة، فتموت اليرقة جوعاً. وتعدّ محاكاة الهرمونات الطبيعية للمهاجم (المتغذّي) شكلاً من أرقى أشكال وسائل الدفاع الكيميائية التي يمارسها النبات.

كما أن هناك أساليب دفاعية أخرى تستخدمها النباتات ضد الحشرات المفترسة، فعندما تمضغ اليرقات أجزاء النبات، ينتج مركّبات طيّارة ويطلقها من الأنسجة المتضرّرة والسليمة على السواء، وقد أظهرت الدراسات أنّ كثيراً من المواد

الطيّارة التي تطلقها الأجزاء النباتية المتضرّرة تكون سامّة للحشرات، وتكون في الوقت نفسه بمثابة نجدة تطلبها النباتات من الأعداء الطبيعيين لهذه الحشرات.

ولعلّ أوّل إشارة إلى أن النباتات تطلب النجدة من الأعداء الطبيعيين، لقتال المهاجمات من الحشرات آكلات النبات قد صدرت عام 1988. فقد وجد بعض الباحثين أنه عندما تتغذّى حشرات **الحلَمات العنكبوتية** بأوراق الفاصولياء **ليما الأمريكية**، يُطلق النبات توليفة من المواد الطيّارة التي تجذب **الحلَمات المفترسة**. وهذه التوليفة تخصّصية، إذ تتوقّف على نوع النبات وعلى نوع الحلم العنكبوتي الملتهم للنبات. فالحلَم المفترس يستطيع تمييز هذه الاختلافات، وبالتالي يتعرّف فريسته.

وقد تبيّن أنّ المركّبات الكيميائية المنطلقة من النباتات المصابة باليرقات، هي جاذبات قوية للحشرات المفترسة - مثل الزنابير - من تلك الصادرة عن الحشرات آكلة النبات. وتدوم بعد غزو اليرقات للنبات بضع ساعات، وتدوم عدة ساعات أخرى وربما أيّاماً.

كما أن نبات **الشوك أو البكرية** يصنع موادّاً كيميائية منفّرة لا تشجع الحشرات المهاجِمة على التغذية أو وضع البيوض، وبعضها الآخر **كقرن الغزال** يصنع سموماً مميتة. وتنتج بعض نباتات قرن الغزال غليكوزيدات مكوّنة للسيانيد (مركّبات تتألف من سكاكر مرتبطة بمعقدات السيانيد) وإنزيمات تحرّر السيانيد من الغليكوزيدات المكوّنة للسيانيد. وهناك استراتيجيات دفاعية أكثر تعقيداً تقوم على إنتاج مواد طبيعية تحاكي المواد التي ينتجها عاشب ما، فنبات **البطاطا البرية الدرنية** يصطنع مكوّناً يحاكي هرمون الإنذار في اليرقة (المادة التي تستطيع اليرقة أن تطلقها، عندما تهاجَم، لتحذّر الحشرات الأخرى من وجود أحد المفترسات)، وتتفادى اليرقات النبات الذي يُطلق الفيرومون. وتَقِيْ نباتات أخرى نفسها

بمحاصرة الموادّ الكيميائية الحيوية للحشرة، فنبات **الفتيّة** يصطنع مادة تحصر هرمون الفتوّة في الحشرات، فتقتل اليرقة بإرغامها على الانسلاخ المبكّر.

ولا تحتفظ نباتات كثيرة بمدّخرات دائمة من وسائل الدفاع الكيميائية، لكنّها تصنعها فقط رداً على الاجتياح، فعندما تهاجِم حشرة ماضغة مثلاً نبات **البندورة،** فإنّ هذا النبات يتنبّه، فيصنع مثبّطات البروتينات، وهي جزيئات ضخمة تثبّط عملية هضم الحشرة للكثير من البروتينات النباتية. ويمكن أن يصادف المرء أيضاً نوعاً من وسائل الدفاع التحريضية، فعندما تهاجم بعض **اليساريع الصفصاف الأستيكي** تتردّى النوعية الغذائية لأوراق الصفصاف المجاور لها، حتى تلك التي لم تُهاجَم، فربّما تُرسل الأشجار مادّة تعمل عمل الفيرومونات محذّرة الصفصافات الأخريات كي تستعدّ لمواجهة مهاجم ما.

الدفاع التقليدي (السيف والرمح)

يعتبر تليّف الأشجار واحداً من التراكيب التي توفي بعدد من هذه المتطلّبات. تتركّب هذه الطبقة من خلايا فلّينية ميتة تحدّ من فقد الماء، ومن الإصابة بالكثير من الطفيليات. كما يحتوي عدد كبير من الأشجار والشجيرات على أشواك أو شعيرات لتحمي نفسها من الهجوم والأكل. تغطّي نباتات **العوسج** حول النورات الزهرية أشواك كثيرة بوجه خاص. حيث تفيد هذه الأشواك في حماية النبات، ويبدو ذلك واضحاً في المراعي التي ينمو فيها نبات العوسج، دون أن تمسّه الحيوانات. كما تنتهي الغدد اللاسعة في **نبات القرّيص** بقمّة هشّة تتقصف باللمس وتؤدي إلى حقن حامض كاوٍ بالجسم.

ولا تنجو الأزهار من هجوم الحشرات سارقة الرحيق واللامفيدة في عملية التلقيح، لذلك فقد ابتكرت بعض النباتات أساليب في جعل سوقها لزجة تقوم باصطياد الكائنات الصغيرة التي تتسلق هذه السوق لتسلب رحيق الأزهار.

وتتّحد القواعد الورقيّة في بعض النباتات على شكل أكواب على العقد الموجودة على الساق. يتجمّع الماء في هذه الأكواب مانعاً بذلك تسلّق الحشرات مثل النمل، ومثال ذلك نبات **مشط الراعي**، حيث تمتلئ الأكواب في كثير من الأحيان بالحشرات الغارقة. كما أنّ هناك نباتات كثيرة تكسوها شعيرات كثيفة، تقوم بدور الحماية وتمنع مرور الحيوانات الصغيرة، وقد تتغطّى الأزهار نفسها بشعيرات لتضمن وصول الحشرات الملقِّحة فقط إلى اللقاح والرحيق.

كما أنّه من الضروري أن يعمل النبات على حماية ثماره لضمان بقائه، على الرغم من أنّه في بعض الحالات يلزم أن تؤكل الثمار لتشجيع إنباتها. وتعتبر **الثمار اللحميّة** أكثر أنواع الثمار عُرضة للأكل، وهناك تراكيب كثيرة تفيد في حمايتها. **فثمرة جوز الهند** تحتوي على غطاء صلب لحماية الجنين ومدّخراته الغذائية. كما تغطّى ثمرة **التين الشوكي** – الصبّار - اللحمية بأشواك حادّة تنغرس في جسم أي حيوان يحاول أكلها أو المساس بها.

الحـيلة

نلاحظ هذه الظاهرة لدى الكثير من الكائنات، ومنها الطيور، حيث تعتمد على بعض أنواع من الخداع كي تضلّل أعداءها وتحمي صغارها. فقد تتظاهر بأنّها مُفتَرِسَة، وذلك بغناء عدواني، وسلوك مهدِّد، كما يبينه طير **الباشق**، أو بالتظاهر بأنّها أكبر ممّا هي عليه، وهي صِفَة منتشرة بين معظم طيور **البوم**. كما أن طائر **القطقاط الزمّار** يتظاهر بالإصابة، وهو يجرّ أحد جناحيه ليضلّل العدو عن بيضه. وهذه الفكرة لها فائدة كبرى، عندما يكشف الجناح المفرود عن لون أو نموذج مدهش.

وتتنكّر الإناث وفراخ معظم الأنواع المعرّضة للهجوم بالقاذورات لإبعاد الخطر عنها. وخِدَع الطيور الآباء في إبعاد الأعداء عن بيضها وصغارها، كثيرة وواسعة الحيلة. فالكثير من **الطيور البرية**، التي تفترس أعشاشها الثعالب، وابن

عرس، والأفاعي، تتظاهر بالإصابة، محاولة توجيه نظر العدو إليها. وقد تضلّل بعض الطيور، ومنها **صائد المحّار**، عدوّاً، وذلك بهجر بيضها، والتظاهر برعاية أفراخها في مكان آخر. وطائر **القطاة** المضطرب الحذر تماماً عند طلبه للطعام، يقوم بإخفاء عشّه وذلك بتغطيته بورق الشجر.

الحشـرات

تعتبر الحشرات من أقدر الكائنات الحية على التكيّف من حيث تنوّع الأساليب التي تستخدمها. فبعض الحشرات يختفي، بينما يقفز بعضها الآخر كوحوش بغيضة مزعجة، في حين تنتحل الضعيفة منها هويّة المفترس الكاسر، وهكذا فالحشرات تستغفلنا مثلما تستغفل وتضلّل كلّ من يحاول اصطيادها. ويُطلَق على هذه التصرّفات اسم **ظاهرة التنكّر البيئي**.

فبعض الحشرات يظلّ متخفّياً قدر الإمكان، كي لا يجلب الاهتمام إلى وجوده، يندمج هذا النوع بصورة كاملة في محيط البيئة الطبيعية التي يعيش فيها، فلا يستطيع المفترس أن يراه. وهو يلتزم السكون ويظلّ من دون أي حراك، لكنه ينطلق كالصاروخ هارباً إذا ما اقترب الخطر. ومن أمثلة ذلك، **العنكبوت الأبيض** الذي يستغلّ لونه ليختبئ وسط تويجات **زهور اللولبيّة** مبتلعاً كلّ ما يمرّ في طريقه، من النحلة الصغيرة إلى النحلة الطنّانة الكبيرة. وينتحل **صرصور الليل** المعروف **بالجدجد** مظهر الحجارة، بينما يتحول بعض أنواع **البقّ** إلى حبّات من الرمل. ويبسط **الزيز** نفسه على جذوع الأشجار، ميتخذاً لون اللّحاء نفسه. وقد بلغ من إتقان الحشرات لعملية التنكّر أنّ بعض أنواع **الزيز الأفريقية** كيّفت نفسها على مرّ السنين، لتأخذ شكل جذوع الأشجار التي احترقت نتيجة نيران الغابات.

وفي إنكلترا مثلاً، استحال لون أغصان شجر القضبان الأبيض إلى اللون الرمادي مع مرور الزمن بسبب التلوّث الصناعي. وكانت النتيجة أنّ الفراش الأبيض الذي كان يستريح على تلك القضبان، غيّر لونه تدريجياً إلى اللون

الرمادي، إلا أن ازدياد استخدام الكهرباء خلال السنوات العشرين الماضية أدّى إلى عودة الأشجار والفراش معاً إلى لونهما الأصلي.

وتسلك حشرات **الزيز** الطريقة نفسها تماماً حين تغيّر لونها لملاءمة لون **الأشنة**. كما أنّ **الخنافس المغمدة الأجنحة** تتحوّل إلى عِصي خشبيّة وتذوب في جذوع الأشجار لتصبح جزءاً من اللّحاء الخارجي وتثقب غصيناً هنا وغصيناً هناك، كما تُحاكي اليرقة فرع الشجرة المزهر، حين تلتزم السكون الكامل كوسيلة للدفاع.

وإضافة إلى الحشرات التي تتحول إلى عيدان وعِصي مثل **الجدجد** الذي يمتدّ على الأرض وكأنّه عود شجرة ميّت، هناك **الحشرات الورقية، فالفراشة** تستطيع أن تقلّد عروق الأوراق بصورة متقنة. بينما يقلّد **الجندب** ورقة صفراء تعرّضت لقضم اليرقة. ويمكن رؤية أثر القضم بوضوح، بل ويمكن مشاهدة بعض البقع الفطرية، الأمر الذي يساعد على التمويه الكامل. كما أن حشرات **شوك الورود** تُذهلك بغطائها الواقي الذي يأخذ شكل ولون وصلابة الشوك نفسه. ولدى ظهور أوّل علامة على الخطر، يسحب **الخنفس الغياني** أقدامه على الفور وينقلب على جانبه ويظل من دون حراك مقلّداً بذلك فضلات الطيور.

وهناك حشرات أخرى تعمل بعكس سابقاتها، فهي تظلّ على حالها وتعرض ألوانها، وكلّما كان اللون صارخاً أكثر، كلما كانت الحشرة أكثر ضرراً، ما يجعل الطيور التي تبتلعها، من دون وعي منها، تسارع إلى بصقها. ومن البديهي أن هناك مجموعة كبيرة من الحشرات التي قرّرت محاكاة هذه المخلوقات التي لا تستطيع الطيور أكلها. فالفراشة البهية الألوان مثلاً، تتقمّص ألوان الفراشة البغيضة التي تثير اشمئزاز من يحاول صيدها، بل وتذهب إلى حدّ تقليد طيرانها، أي ببطء وبحركة تدلّ على الضخامة. وغالباً ما تلجأ الحشرة التي تحاكي غيرها إلى

السكون كي تتفادى الوقوع فريسة للعدو، لكن بعض الطيور سرعان ما يكتشف هذه الخدعة.

وعلاوة على ذلك، فقد عثرت حشرات أخرى على طرق جديدة ومفيدة لمواجهة الخطر: رأس مزيّف، عيون مزيّفة، فم مزيّف، وإبر لاسعة مزيّفة. وهي عدد من الوسائل التي تلجأ إليها الحشرات لتضليل العدو. فمثلاً هناك نوع من **الفراشات** في (غيانا) الذي يحتاج لتحضير عضلاته قبل الطيران برفرفة الجناحين، وإذا به يكشف عن زوج من العينين الضخمتين في الجناحين، مشابهتين تماماً لعينيّ عدوّه الرئيس **البومة**. وتعطي الحيلة هذه ثواني عدّة حاسمة لهروب الفراشات، بينما تحملق البومة في حالة من الذهول.

وتفضل **يرقات** كثيرة اللجوء إلى التمويه، فترتدي ثوباً من أوراق الشجر، أو غطاء من الفضلات المرتبطة معاً بلعاب حريري بينما تنصب كميناً لفريستها.

التكيّف مع الجفاف

لا بد لنا من التساؤل: كيف تعيش الحيوانات والنباتات في الصحراء؟ هذه الأرض الجرداء القاحلة، وكيف تمكّنت من التكيّف في ظلّ قلّة الماء وندرته؟

إن كثيراً من حيوانات الصحراء **كالظباء واليرابيع والسلاحف** تكاد لا تشرب الماء في حياتها أبداً، أو أنّها تستطيع الاستغناء عنه لفترة طويلة. وكبديل للماء، تعيش هذه الحيوانات على ما تلتهمه من أعشاب خضراء. ففي فصل الربيع، أو بعد هطول الأمطار، تسري الحياة في الصحراء لفترة وجيزة، فيخضرّ ويزدهر كلّ شيء.

وحين تنتهي تلك الفترة وتعود أشعة الشمس لتحرق الحشائش، تُرى تلك الحيوانات وهي تحفر الرمال بحثاً عن بصيلات جذور الأزهار والنباتات الأخرى، التي تتمتّع بكميّة كبيرة من الرطوبة، وذلك بفضل ما لديها من أغلفة سميكة تقيها من حرارة الشمس.

أما بالنسبة **للوحوش الكاسرة** التي تأبى أكل الحشائش، فتراها لا تعلن الصيام وتستسلم أمام الأمر الواقع، بل إنّها تطفئ ظمأها عن طريق التهامها للحيوانات التي تقتات على الأعشاب. ومع ذلك، فإنّه ليس من اليسير أبداً على هذه الحيوانات سدّ حاجتها من الماء، وليس من المستبعد أن تجد غالبية أهل الصحراء قد صنعت لأنفسها مصانع خاصة لإنتاج الماء، وخزّانات تجمع فيها المواد الخام اللازمة لعملية الإنتاج هذه.

وفي الحقيقة، فإن مثل هذا المصنع يوجد لدى كافّة حيوانات كوكبنا الأرضي، بما في ذلك الإنسان نفسه. فأثناء العمل، **تحترق** في خلايا جسمنا الكربوهيدرات، والمواد الشحميّة لتكون مصدراً للطاقة. وعند الاحتراق التام لهذه المواد، تتكون مادتان هما غاز ثاني أوكسيد الكربون والماء. وثاني أوكسيد الكربون مادّة ضارّة للغاية، ولذا فإن الجسم سرعان ما يطرده إلى الخارج، أما الماء فيُستخدم لسدّ احتياجات الجسم. ومن كل غرام واحد من الكربوهيدرات، يتكون 56% غرام من الماء، أمّا غرام المادّة الشحميّة، فيولّد لدى احتراقه 1,07 جرام من الماء. وفي جسم الإنسان البالغ تتولّد كل يوم كميّة من الماء يصل مقدارها إلى 300 جرام.

والقابلية على خزن كميّة كبيرة من الشحم، سِمَة تميّز كافة حيوانات الصحراء والبادية **كالثعابين والعظاءات والظباء والزرافات والحمير الوحشية والأسود والنعام**. وتخزّن الحيوانات شحمها في أماكن مخصّصة لهذا الغرض، ولا يمكن خزن الشحم تحت الجلد، وإلاّ فإن هذه الحيوانات سرعان ما تهلك وتموت بسبب ارتفاع حرارة جسمها. يخزّن **الجمل** الشحم في سنامه الذي لم يظهر، كي يزيد هذا الحيوان جمالاً ورشاقة، ولا ليجعل الركوب عليه مريحاً. فالجمل يجمع كل ما لديه من شحم في سنامه، ولا يترك شيئاً في أي مكان آخر من سطح جسمه. لذا، فإنه لا يعاني من الحرّ.

وكثيراً ما يُستخدم **الذيل** كمستودع لخزن المواد الشحمية. وفي هذه الحالة أيضاً، يقع المستودع في مكان ما منعزل، حيث يخزّن الشحم لدى **اليرابيع والجرذان** في قاعدة الذيل. وثمّة كميّة هائلة من احتياطي الشحوم موجودة في ذيل بعض أنواع **الجرذان العملاقة**. وهناك كميّات أكبر لدى **الخراف والأغنام** ذات الإليات. وما تختزنه الحيوانات من احتياطي للشحوم يشكّل كمية كبيرة للغاية. فالجمل بوسعه خزن 110 إلى 120 كيلو غراماً، والخروف من 10 إلى 11 كيلو غراماً.

وإذا ما وجدت هذه الحيوانات نفسها في ظروف صعبة، لا يمكن عندها إيجاد قطرة ماء في أيّ مكان، تبدأ بإنتاج الماء ممّا اختزنه جسمها من احتياطيّ الشحوم. وبوسع الجمل أن يقضي 45 يوماً بدون ماء، علماً أنّه يعمل في الأيام الخمسة عشر الأولى بشكل طبيعي ويواصل اجترار العشب اليابس.

كما أن هناك طرقاً أخرى ابتكرتها الكائنات الحيّة الصحراوية للتغلّب على مشكلة نقص الماء. إذ يستطيع **الفأر الكنغري** الذي يعيش في صحارى استراليا القاحلة استخراج الماء حتى من التربة. ويقتات هذا الحيوان اللطيف على بذور مختلف أنواع النباتات التي تجفّ إلى حد ما، بحيث لا تبقى فيها أية قطرة ماء تقريباً. ولا يسرع **الفأر** في التهام ما يجمعه من بذور فوراً، بل ينقلها إلى جحره في أكياسه العنقية المدهشة، والتي لا يتسرّب لعابه إليها أثناء نقلها بسبب نمو الشعر على بوزه وفي تجويف فمه. وبعد ذلك، تبدأ البذور الجافّة بامتصاص الرطوبة مهما كان قدرها ضئيلاً، فالضغط الأسموزي للبذور الجافّة يعادل 400 - 500 ضغط جوي. فلنتخيل تلك القوّة التي تمتص بها هذه البذور الجافّة الرطوبة. ولا يبدأ **الفأر الكنغري** بأكل البذور، إلاّ بعد أن تتشبّع بالرطوبة تماماً.

وثمّة طريقة مبتكرة للعيش، تُعتبر إنجازاً هامّاً من إنجازات الكائنات الحيّة في ظروف ندرة المياه في الصحارى، وهي طريقة **العظاءة الشوكية (مولوخ)** والتي

تعيش كذلك في صحارى أستراليا القاحلة. فجسم هذا الحيوان العجيب مكسو بالنتوءات والأشواك، وقد ظنّ العلماء أنّ هذه النتوءات والأشواك وسيلة دفاعية تستخدمها العظاءة ضد الأعداء. لكن تمّ التأكّد الآن أنّ لهذه الأشواك إضافة إلى مهمّتها في الدفاع، مهمّة لا تقل أهميّة عن الأولى. فالطبقة القرنيّة لهذا الحيوان مليئة بأعداد هائلة من المسام في الأخاديد الواقعة بين الأشواك والتي تنفتح إلى الخارج.

فإذا سقطت قطرة ماء على جلد العظاءة، فسرعان ما تتسرّب إلى الجلد، لكنّها لن تستطيع النفاذ إلى داخل جسمها، فالطبقات العميقة تخلو من المسام. وتحتلّ هذه المسام وضعاً لا يسمح للماء إلاّ باتّخاذ اتّجاه واحد، ألا وهو المضيّ داخل الجلد باتّجاه الرأس، حيث تنتهي مجموعة المسام الشعرية في وسادات مسامية صغيرة يتجمّع فيها الماء. وعدد هذه الوسادات اثنان تقعان في زاويتي فم العظاءة. وإذا كان في الوسادتين ماء، فإنه يكفي العظاءة تحريك فكّيها، كي تسقط من كل وسادة قطرة ماء في فمها مباشرة.

والعظاءة هذه لا تشعر بحاجة إلى شرب الماء، وحتى إذا ما صادفت وهي في طريقها مصدراً له، فإنها تكتفي بتغطيس جسمها فيه، ذلك لأن الماء سيتسرب عبر جلدها بصورة أسرع مما لو تناولته عبر فمها، وهكذا فإنه ينشأ في جلد هذه العظاءة ما هو أشبه بمستودع للماء.

وإضافة إلى ذلك، فإن درجة حرارة الأشواك أقل بكثير من درجة حرارة جلدها. ولذا تتجمع في الليل قطرات صغيرة جداً من الندى على هذه الأشواك، متسرّبة بعد ذلك إلى جلدها فوراً. وهكذا نجد أنّ هذه **العظاءة الأسترالية العجيبة** تستطيع شرب الماء من الهواء مباشرة.

النباتات والجفاف

إن انخفاض كمية الأمطار الهاطلة وعدم انتظامها في كل سنة يزيد في قساوة العيش، فقد تمر سنوات عديدة دون هطول قطرة واحدة. إضافة إلى ذلك، فإنّ معظم الصحارى تتواجد بالمناطق المدارية، والتي تتعرّض إلى رياح مستمرّة وإلى درجة عالية من الحرارة، هذه العوامل تزيد من وتيرة تبخّر المياه مع ندرتها أصلاً.

إن الأنواع النباتية النامية في هذه الشروط القاسية، هي النباتات التي استطاعت ونجحت في إيجاد طرق مناسبة للعيش وسط هذا المناخ الجاف، والعالي الحرارة، والمتّصف بقلّة الأمطار. ويمكن أن نلاحظ بأنّ النباتات قد ظهرت في أشكال متعددة في تلك الأماكن.

نباتات عملت على تقصير مدّة دورة حياتها، وفترة عيشها تكون متوافقة مع فترة هطول الأمطار. فتنبت بذورها مع بداية سقوط المطر، وتنمو وتُزهر وتُثمر وتكوّن البذور وتجفّ وتموت مع انتهاء تلك الفترة. ويُطلَق على هذه النباتات اسم النباتات المؤقّتة أو سريعة الزوال.

نباتات تتميّز بتواجد جهازها الخضري بشكل مستمرّ ودائم، رغم شدّة الحرارة وقلّة المياه. وتُظهِر هذه النباتات تغيّرات فيزيولوجيّة وشكليّة تشريحيّة، تجعلها قادرة على تحمّل الظروف المتواجدة فيها، وقد دُعيَت بالنباتات الصحراويّة، وقُسّمت إلى قسمين بسبب طريقة مقاومتها للجفاف. فهناك **النباتات العصاريّة** التي اختزنت الماء داخل أنسجتها، والأنواع الأخرى تخشّبت أنسجتها وتغلّظت ودُعيَت **بالنباتات الخشبيّة**. وهناك أنواع نباتية راقية **كشجرة الكريوست،** حيث تنخفض نسبة الماء في أوراق هذه الشجرة في فصل الجفاف، إلى 50% من الوزن الجافّ دون أن تتضرّر، علماً أنّ نسبة الماء في أوراق النباتات الخشبية النامية في المناطق المعتدلة، تتراوح ما بين 100 و 300% من وزنها الجاف.

وفي الواقع، تظهر النباتات القصيرة الأجل، بشكل فجائي بعد نزول الأمطار، وتنمو بشكل سريع ملفت للنظر، لإتمام دورة حياتها خلال فترة الأمطار هذه، وفترة النموّ عندها متغيّرة من نبات لآخر، ولكن بشكل عام تكون من شهر واحد إلى أربعة أشهر. وهناك أنواع نباتية تُكمل دورة حياتها ما بين ثمانية أيام إلى خمسة عشر يوماً، كالأنواع التابعة لجنس **بورافيا وتريبولوس**. وفي هذه الحالة، فإنّ النبات يتّصف بحجم صغير جداً، وتظهر أزهاره على الساق التي لم تحتوِ بعد إلا على ورقة أو اثنتين، ويصل طول هذه الساق من 1 - 2 سم، ويطلق عليها اسم **النباتات المؤقّتة**.

ولقد تبيّن من مقارنة إنبات (50 نوعاً) من هذه النباتات ذات النضوج المبكّر والمأخوذة من صحارى شمال أفريقيا، مع نباتات مأخوذة من الدانمرك، أنّ 88% من هذه الأنواع الصحراويّة قد أنبتت وانتشت خلال ثلاثة أيام، بينما لم ينبت إلاّ 6% من الأنواع الدانمركيّة. وتتشابه هذه النباتات المؤقّتة مع النباتات النامية في المناخات الرّطبة والمعتدلة من حيث التركيب التشريحي. وقد بيّن الباحث ليمي Lemi أنّها لا تُبدي أيّة تغيّرات أو اختلافات فيزيولوجيّة واضحة، وأنّ احتياجاتها المائيّة تُماثل نباتات المناطق المعتدلة، وهي تشكّل غالباً بعد نزول الأمطار سجّادة متّصلة تغطّي التربة، وتشكّل القسم الأساسي من الأعلاف لتغذية الحيوانات. تقضي هذه النباتات فترة الجفاف على شكل بذور أو بصيلات أرضية أو ريزومات، فيُطلَق عليها اسم **النباتات المتخفيّة** أو **النباتات الأرضيّة**.

وتملك بعض النباتات القدرة على تحمّل الجفاف الشديد دون أن تتأثّر بذلك، حتى ولو خَلَت جميع خلايا أنسجتها من الماء، لتعود إلى الحياة مرّة ثانية عند توفّر الماء. ونجد ذلك خاصة في **النباتات البدائيّة** مثل **حزاز الصخر**، وهو مؤلّف من تعايش كائنين نباتيين هما الفطر والأشنة، كما توجد هذه الخاصيّة عند الطحالب.

ودخول هذه النباتات في هذا النوع من **الحياة البطيئة** متناسب مع نسبة الرطوبة في داخلها طرداً. وإيقاف النباتات لنموّها في فترة الجفاف، وانخفاض نسبة المياه فيها يحفظها من الموت، وتشبه نباتات المناطق المعتدلة التي تخفّض معدّلات نشاطها خلال فصل الشتاء لمقاومة البرودة وهي ما يطلق عليها **بفترة السكون**.

هذا عن **النباتات المؤقّتة أو القصيرة الأجل**، التي تعيش في المناطق الجافّة، لكن ألا يوجد نباتات معمّرة تكيّفت مع ظروف الجفاف والحياة القاسية هذه؟ تتميّز الأراضي الجافّة الصحراويّة والمداريّة، بوجود نباتات معمّرة ودائمة الخضرة رغم الجفاف حيث تكيّفت أجزاؤها مع هذا الجفاف.

فنجد في **المجموعة الأولى** نباتات تعتمد في مقاومتها للجفاف، على رفع امتصاصها للماء إلى حدودها القصوى، وتخفّض عملية النتح إلى حدودها الدنيا، لذا تكون أوراقها شوكية وسوقها متخشبة في الغالب، ويُطلَق عليها اسم **النباتات الخشبيّة**. وتتميّز هذه النباتات بمجموع جذري متنوّع الأشكال وبمعدّل نموّ سريع، إذ قدّر نموّ جذور شجرة خلال الموسم بـمتر ونصف المتر، وتكون كثيفة الأوبار الماصّة. وتصل أحجام هذه الجذور عدّة مرّات حجم المجموع الخضري، كما في نبات **الأرطماسيا العطري الرائحة**.

وقد لوحظ في بعض أنواع النباتات التي لا يتعدّى طول سيقانها عدة سنتيمترات، أنّ طول جذرها الوتدي قد وصل إلى متر واحد. أمّا في نبات **الحجي**، فيصل إلى عدّة أمتار، وفي نبات **الأفدر** إلى 11 متراً، كما يصل طول الجذر في النوع الشجري المسمى **بروزوبس** من العائلة البقولية، والمتواجد في المناطق الصحراوية من أمريكا الشمالية، في بعض الأحيان إلى ثلاثين متراً.

ويدلّ تواجد بعض الأنواع على وجود المياه الجوفية، فالجذور الرئيسة للنبات المسمّى **بنبات المياه الجوفية**، تمتد لأكثر من 20 متراً بحثاً عن المياه. وقد قام

الباحث بافيليشينكو Bafilishinko بقياس جذور نبات **اكروبيروم** الموجودة داخل دائرة نصف قطرها 1,2 م وبعمق 2 م، فوجد أن أطوالها الكليّة تصل إلى نحو 500 كم.

وتحاول الأنواع الأخرى من النباتات الخشبية أن تقلّل من فقدان الماء إلى الحدّ الأدنى، ولذلك اتّخذت أشكالاً وحجوماً معينّة لتقلّل من فقدان الماء عن طريق النتح، كما يُلاحظ أنّ عدد أوراقها قد تناقص أو أصبح حرشفيّاً، كما في حالة **نبات الطرفاء**. وهناك نباتات تسمى **الأسليّات** وهي خالية تماماً من الأوراق، وهذه النباتات تكون عبارة عن غصون فقط، وتحتوي على الكلوروفيل داخل طبقة البشرة، وبذلك فإن الأغصان تقوم مقام الأوراق في عملية التمثيل الضوئي.

وتكون **المجموعة الثانية** من النباتات ذات أوراق سميكة لحميّة، وهي تعمل على جمع الماء داخل أنسجة خاصّة خلال فترة هطول الأمطار، لتستعملها لاحقاً خلال فترة الجفاف. والمبدأ الأساسيّ الذي تستخدمه هذه النباتات، هي الإقلال من كميّة الماء المفقود عن طريق عمليّة النتح، وذلك من خلال تحوّرات طرأت على الأوراق وحجم المسام الموجودة في النبات، وتدعى هذه النباتات **بالنباتات العُصاريّة**.

ويتمّ حفظ المياه بشكل سوائل سكّريّة لزجة، ذات ضغط أسموزي ضعيف. ويمكن تمييز مكان خزن المياه في:

1- الأوراق: كما في نبات **الآجاف والمخلدة والأيزون**. وتملك بعض النباتات إضافة إلى أوراقها اللحميّة، زهوراً لحميّة لمقاومة للجفاف، كما في نبات **الألوة وستابيليا**. ويتمّ تلقيح هذه الزهور بواسطة العصافير والحشرات الباحثة عن الماء والغذاء.

2 - السيقان: تختزن بعض النباتات اللحميّة الماء في سيقانها، وهذه السيقان تكون عادة خضراء ومغطّاة تماماً بالأشواك، والأوراق صغيرة جداً. وتقوم

بالإضافة إلى خزن الماء بعملية التمثيل الضوئي لاحتوائها على مادة الكلوروفيل. من هذه النباتات **الشيخة والغربيون وكارالوما**.

ويلاحظ أنّ أغلب أشكال النباتات العُصاريّة يكون أسطوانياً وكروياً، لأنّها الأقلّ سطحاً، وبالتالي الأقلّ عرضة للعوامل الخارجية، ويصل المخزون المائي فيها إلى أكثر من 90% وزنها.

ويغطّي سطح هذه النباتات المكشوف، من ساق وأوراق بطبقة سميكة من الكيتين المغلّف بمادة شمعيّة كتيمة، وبأوبار كثيفة عند بعض النباتات الأخرى، فتقلّ عملية النتح النباتي لدرجة أنّه يكاد ينعدم تماماً عند بعضها وخاصة بعد انغلاق المسام.

وهناك أنواع من النباتات لا تنفتح مسامها إلاّ ليلاً لتجنّب فقدان المياه بفعل حرارة الشمس. ولا شكّ أنّ هذه المجموعة من النباتات، تؤمّن مياهها والتي تخزّنها في أنسجتها المختلفة الأشكال، عن طريق امتصاصها من التربة بفضل جذورها السطحية والتي يطلق عليها **جذور الندى**، وكذلك بفضل جذورها العميقة داخل التربة.

ومن أساليب التكيف المعقّدة ما نجده عند الإنسان من أساليب في دفاعه ضد الميكروبات والمناعة ضد العدوى. والواقع أن للجسم على الأقل ثلاثة خطوط للدفاع. **الأول**: إنزيم يسمى الليزوزايم (إنزيم التحلل) ويوجد في اللعاب والدموع ومخاط الأنف، وله خاصّية إذابة كثير من البكتريا. أما **خطّ الدفاع الثاني** من الجسم، فيعتمد على احتواء الدم على كريّات دمويّة بيضاء معيّنة أشبه ما تكون بحيوانات أوّلية (بروتوزوا) متسأنسة تعيش في تيّار الدم.

ويُسمّى بعضها لاقمات الخلايا Phagocytes، وهي في الحقيقة تأكل وتهضم أيّة ميكروبات خارجية تنفذ إلى تيّار الدم. فإذا حدث جرح بسيط، تجمّعت هذه اللاقمات قريباً من مكان التلف، وبذلك تصبح مستعدة لصدّ العدوى. ولدى الجسم

أيضاً جهاز من الخلايا مقرّه الكبد يسمّى الجهاز الطلائي الشبكي، يستطيع الجسم أن يولّد منه احتياطياً من اللاقمات عند الحاجة.

أما **خطّ الدفاع الثالث**، فهو عبارة عن بروتينات معيّنة ينتجها الجسم تسمى (الأجسام المضادة Antibodies)، تسري في الدم وتتفاعل مع الميكروبات الغازية وتجعلها تتجمّع على هيئة كتل. وتصبح الميكروبات في هذه الحالة أقلّ ضرراً، ويصبح أسهل على اللاقمات التهامها. ويصبح مصل الدم حينئذ منيعاً ضدّ هذه الميكروبات بالذات.

ويمكن أن تبقى هذه المناعة أحياناً لبضعة شهور، وأحياناً لسنوات عديدة وأحياناً أخرى قد تبقى طوال العمر. ويبدو أنّ نزلات البرد والأنفلونزا مثلاً تولّد مناعات قصيرة المدى نوعاً ما، بينما تسبّب الحصبة والنكاف ونحوها من أمراض الطفولة مناعة طول العمر. والمناعة نوعيّة جداً، أي أنّ المناعة ضد فيروس النكاف لا تعطي مناعة ضد فيروس شلل الأطفال.

التكيف مع الماء المالح

لا بدّ لنا أن نتساءل كيف تستطيع كائنات حيّة كثيرة الحصول على مائها العذب من الماء المالح الذي تعيش فيه، **كالأسماك وكائنات البحر الأخرى**، أو التي تعيش على شواطئ البحار كطيور النورس والقطرس وغيرها؟

لقد اتّضح أنّ هذه الحيوانات وجدت لنفسها مصدراً للماء العذب. فالدم والسوائل النسيجية للأسماك وغيرها من الفقريات تحتوي على نسبة ضئيلة جداً من الأملاح. ولهذا، فإن كافّة وحوش البحر تحصل مع غذائها على كمية كبيرة من الماء الصالح للشرب. وفي الحقيقة، فإن **أسماك البحر** تحصل على مائها العذب عن طريق جهاز تحلية رائع يقع في خياشيم هذه الأسماك. فهناك خلايا خاصّة تقوم بامتصاص الأملاح من الدم وتطردها إلى الخارج مع الدمع ذي نسبة التركيز العالية جدّاً.

والحصول على الماء العذب أمر ليس باليسير على الطيور البحريّة أيضاً. **فالقطارس وطيور النوء** تعيش في عرض البحر بعيداً عن الساحل، ولا تؤمّ اليابسة إلا مرّة واحدة في العام كي تضع بيوضها وتربّي فراخها. وطيور **الغاق (غربان البحر)** والعديد من أنواع **النوارس** لا تشرب الماء العذب أبداً، رغم كونها تعيش في المنطقة الساحلية. وقد كان يُظنّ في السابق بأن هذه الطيور تكتفي بشرب السائل النسيجي لما تفترسه من أسماك. إلا أنّه اتّضح فيما بعد، أنّ هذه الطيور تشرب ماء البحر دون عناء، بل وإنّ الكثير منها لا يمكنه الاستغناء عن هذا الماء أبداً.

وفي المزارع الخاصّة بدراسة علم الحيوان، لوحظ، ومنذ أمد بعيد أنّ هذه الطيور لا تستطيع العيش في قفص، حيث أنها سرعان ما تموت. وظنّ الخبراء أنّ هذا الطائر الجميل يموت بسبب حنينه واشتياقه إلى البحر ولأنه لا يطيق العيش في قفص صغير، بل يريد أن يحوم في سماء البحر الواسعة. بيد أنه لا الحنين ولا ضيق القفص أدّيا إلى هلاك هذا الطائر وموته. كلّ ما في الأمر، أنّ هذا الطائر كان يتأثّر من عدم وجود الأملاح في القفص، وحين بدأ الخبراء بإضافة الملح إلى طعام النورس القابع في القفص، أصبح مرحاً وعاش حياة رغيدة هنيئة.

وتتمتع **طيور البحر والزواحف** بأجهزة رائعة لتحلية الماء المالح. فعند الطيور تقع الغدّة الأنفية، أو ما يسمّى الآن بالغدّة الملحية على الطرف العلوي من حجاب العين، ويصبّ إفرازها في تجويف الأنف. ويبلغ تركيز الصوديوم في السائل الذي تُفرزه الغدّة خمسة أضعاف تركيزه في الدم، ومرّتين إلى ثلاث مرّات تركيزه في ماء البحر. ويسيل هذا السائل من الفتحات الأنفية، ويتعلق على طرف المنقار بشكل قطرات شفّافة كبيرة يذرفها الطائر من حين إلى آخر. وإذا جرى إطعام طائر البحر بغذاء مالح جداً، فإن منقاره سيبدأ بذرف القطرات بعد مرور فترة 10 - 12 دقيقة، كما لو أنّه يشكو من الزكام.

أما عند الزواحف البحرية **كالسلاحف والأفاعي والعظاءات،** فإنّ مجرى الغدّة الملحيّة يصبّ في زاوية العين، أمّا الإفراز فيسيل إلى الخارج. ومنذ أمدٍ بعيد، يُرى التمساح وهو يذرف دموعه الشفّافة الكبيرة وكأنه يبكي بعد كلّ فريسة التهمها، وكأنّه يبكي حُزناً على موتها. وهذا بالذات ما جعل القول المأثور (دموع التماسيح) رمزاً للرّياء والنفاق. وفي الحقيقة، فإن التمساح بذرفه لدموعه، يخلّص نفسه من فائض الأملاح التي تسربّت إلى جسمه مع الوليمة.

وتجوب **السلاحف البحرية** البحار والمحيطات الدافئة على مدار العام. وحين يحين وضع البيض، تخرج إلى الشواطئ لتضع بيوضها، ثم تغادر المكان وهي تذرف الدموع. ولكن هل تذرف الدموع على أبنائها الذين لا تعرف ما هو مصيرهم؟ أم لأنّ غدّتها الملحيّة تقوم بوظيفتها؟ الواضح أنّ ذلك يعود إلى غدّتها الملحيّة التي تقوم بوظيفتها الاعتيادية وتخلّص السلحفاة من فائض الأملاح الموجودة في الجسم.

وإذا تساءلنا كيف تشرب **الأسماك** التي تعيش في البحر، فلا بدّ لنا من إمعان النظر في القوانين الطبيعية التي تحكم ذلك. تكون نسبة وجود الأملاح في ماء البحر أكثر بكثير من نسبة وجوده في أنسجة الأسماك. والضغط الأسموزي لمياه المحيطات يعادل 32 ضغطاً جوياً، في حين لا يتعدّى هذا الضغط في جسم الأسماك البحرية العظميّة 10 - 15 ضغطاً جوياً. فكيف حلّت الأسماك هذه المعادلة الصعبة؟

إنّ أقدم أنواع تلك الأسماك **كالقرش والشفنين،** والتي انتقلت للعيش في البحر قبل الأسماك العظمية على ما يبدو، قد تكيّفت على الحياة في الماء المالح بشكل آخر. لقد تعلّمت هذه الأسماك كيف تحافظ في دمها على مادّة ضارّة نوعاً ما هي **اليوريا** التي تسعى كافّة أنواع الأسماك الأخرى للتخلّص منها بأسرع وقت ممكن. وقد اضطرّها ذلك إلى ضرورة امتلاكها لخياشيم مغطّاة بغلاف خاص يمنع تسرّب

اليوريا. فالضغط الأسموزي لدى **القرش والشفنين،** أعلى بكثير من الضغط الأسموزي لماء البحر، وبالتالي، فإنّها تحصل على ما تريد من ماء عذب، وتتخلّص من الزائد.

وهناك **الضفدعة الآكلة للسرطان،** التي اكتشفها العلماء في منطقة جنوب شرقي آسيا. فمن بين كافّة البرمائيّات، تمكّنت هذه الضفدعة وحدها من التكيّف على العيش في الماء المالح.

ومن الجدير ذكره أنّ شراغيف هذه الضفدعة ظلّت تعيش في الماء العذب، ولكن بمجرّد اكتمال نموّها وبلوغها **سن الرشد،** تنتقل إلى البحر لتعيش جنباً إلى جنب مع آبائها وأجدادها وتتغذّى على ما تلتهمه من سرطانات بحريّة.

وكما هي الحال بالنسبة **للقرش،** فإن هذا النوع من الضفادع، يحتفظ في دمه على مادة اليوريا، بَيْدَ أنّها تفعل ذلك بشكل اختياري. فهي وقبل أن تنتقل للعيش في ماء البحر، تقوم بخزن مادة اليوريا، وحين تنتقل إلى الماء العذب لتضع بيوضها، تقوم بطرد هذه المادّة من جسمها. ولهذا، فإنّ هذه الضفادع أينما كان محلّ إقامتها لا تشعر أبداً بالحاجة إلى شرب الماء.

الاستخفاء بإطلاق الحبر

إذا اقتربت الحيتان أو أسماك القرش من **الحبّار،** يطلق إفرازه الحِبْريّ، الذي يساعده في الهرب من عدوّه، بتكوين سحابة قاتمة ساترة تعرقل معرفة اتجاه فرار الحبّار الهارب. ويقال أيضاً بأنّ هذه السحابة القاتمة تلفت نظر العدو فيهاجمها ظناً منه أنّها فريسة، كما يُظنّ بأن الإفراز الحبري، وهو شبه قلوي، يعمل كمادة طاردة أو مخدّرة لأجهزة الحسّ الكيماوية الموجودة في المفترس. وهذه المادة الحبرية كانت تُستخرَج في أزمان قديمة من بعض أنواع الحبّار في البحر الأبيض المتوسط وتستخدم للرسم والتلوين.

الفصـــل الحــــادي عشـر

الغَرِيـْـزَةُ وَالتَّعَــلُّمُ

الغريـزة والتـعلّم عنـد الكائنـات الحيّة

تتميز الكائنات الحية بشكل عام بوجود غريزة أو فطرة تحكم تصرفّاتها، وتجعلها تقوم بأعمالها بصورة آليّة كما قدّرها مبدع وخالق هذا الكون، إلاّ أنّ الرئيسيّات العُليا تتميّز بقدرتها على التعلّم، وإن بشكل مختلف من كائن لآخر حسب موقعه في سلّم التطوّر.

لقد بيّنت الأبحاث التي أُجريَت خلال القرن الماضي، عدم القدرة على التمييز الواضح بين الغريزة والتعلّم. وكذلك الأمر بين القوى الموجِّهة لكل من سلوك الإنسان والحيوان. فعلى سبيل المثال، وُجِد أنّ العديد من الحشرات يتمتّع بقُدرة مُذهلة على التعلّم. وبالمقابل، نعرف اليوم أنّ عمليّة التعلّم عند الحيوانات الراقية، كما هي الحال عند الحشرات، غالباً ما تكون موجَّهة فطرياً، أي طبقاً لمعلومات يرثها الحيوان في تكوينه الوراثي. وبكلمات أخرى، إنّ الغريزة غالباً ما تتحكّم في عمليّة التعلّم نفسها.

ويبدو لنا الآن أنّ كثيراً من الحيوانات، إن لم يكن مُعظمها، يكون **مُسبَق البرمجة** لتعلّم أمور معيّنة وبطرق محدّدة. وفي ضوء المفاهيم التطّورية، يتّضح ما لقضية **التعلّم الموجّه نظرياً** من مغزى، ففي كثير من الأحيان يسهل علينا أن نحدّد سلفاً الخصائص العامّة للأشياء التي ينبغي على الحيوان أن يتعلّمها، حتى عندما يتعذّر تحديد التفاصيل.

فمثلاً، لا بد أن يكون النحل مهيّئاً وراثياً لتعلّم أشكال الأزهار المختلفة، حيث يستحيل تزويد كلّ نحلة منذ خروجها إلى الحياة بدليل حقلي لجميع الأزهار التي يحتمل أن تزورها. وظاهرة - التعلّم الفطري - أي التعلّم بالغريزة، موجودة عند جميع مستويات التعقّد الذهني في عالم الحيوان. بل حتى عند الإنسان، فهناك أدلّة

قويّة مثلاً على أنّ عملية تعلّم كلام البشر، إنما توجّهها إلى حدّ كبير نزعات وقدرات فطريّة.

فالغرائز إذاً، هي أعمال ذاتية (أوتوماتيكية)، أي أنّها أشكال من أعمال تورَّث ولا تُكتَسب بالتعلّم. فحين يقوم الحيوان بعمل غريزيّ، فإنّه لا يُدرك الفكرة من عمله هذا. وتزخر الطبيعة بأمثلة عديدة حول هذه الفكرة، فهناك نوع من الزنابير، يُسمّى **الزنبور الحفّار** الذي يحفر نفقاً في الأرض يضع فيه بيضه، وبعد أن يحفر النفق، فإنّه لا يضع فيه البيض مباشرة، بل يبحث عن **دودة** يلسعها لسعة تخدّرها ولا تميتها، ثم يسحبها إلى داخل النفق ويضع عليها البيض ويسدّ النفق. إنّ هذه الأعمال تُمليها الغريزة، فأنثى الزنبور لن ترى صغارها حين تفقس وتخرج من البيض وتتغذى على اليرقة المخدّرة. فمن الذي أوحى إليها بذلك؟ ومن علّمها أن توفّر الغذاء لمن لن يُتَح لها الفرصة لرؤيتهم ثانية؟

يُمكن أن نفهم سعي الأمّ لتغذية صغارها، حين ترى مظاهر جوعها أو إلحاحها في طلب الغذاء. ولكن في حالة أنثى الزنبور هذه، لا يمكننا أن نرى عاملاً يدفع الأمّ لتوفير غذاء لصغار جياع، سوى عامل الغريزة، فهذه الأمّ لا تفهم ولا تدري لعملها من سبب أو غاية تدفعها للقيام به.

وهناك نوع آخر من **الزنابير** تشبه سابقتها، لكنها تفضّل **الجراد** عن الديدان، فتضع بيضها على جرادة مخدّرة بدلاً من يرقة، وتدفنها مع البيض. والغريزة الجديدة هنا هي طريقة الزنبور في سحب الجرادة المخدّرة. إذ يسحبها من قرون استشعارها، فإذا قطعنا قرني استشعار الجرادة، عجز الزنبور عن سحبها، مع أنّه يستطيع أن يجرّها من واحدة من أرجلها الست، أو واحد من أجنحتها الأربعة. لكنّ غريزته تحتّم عليه ضرورة سحب الجرادة من قرني استشعارها، لذا لا يستخدم غيرهما.

وإن شئنا دليلاً آخر على ثبوت الغريزة، فإنّ هذه الحشرة ـ **الزنبور الحفّار** ـ غنية بالغرائز. فبعد أن يجرّ الزنبور الجرادة إلى باب النفق الذي حفره، يتركها على باب النفق بشكل ملاصق له ويدخل إلى الداخل، وكأنه يفتّشه ليأمن على وضع بيضه.

فلو تركنا الزنبور يدخل النفق، ثم قمنا بإبعاد الجرادة قليلاً عن بابه، فإنّه حين يخرج يقوم بسحب الجرادة مرّة أخرى ويلصقها بالباب من جديد، ويدخل لتفتيش النفق مرّة أخرى، ويمكننا أن نجعل الزنبور يكرّر هذه العملية وقتاً طويلاً بهذه الطريقة. فغريزته تحتّم عليه ألاّ يُدخل الجرادة إلى النفق إلاّ إذا كانت ملاصقة لبابه. ولا يفهم أنّ الطريق مأمون إلاّ إذا كانت الجرادة ملاصقة للباب، فالغريزة هنا هي التي تحرّك هذا السلوك.

وكلما تقدّمنا في بحثنا هذا نرى ما يدهشنا من نظام دقيق ينمّ عن قدرة خالق هذا الكون وعن تصريفه لأمور مخلوقاته. وفي الحقيقة، هناك الكثير من القصص التي تُروى عن ذكاء **النمل**، وإن كان هذا الذكاء يعتمد في الغالب على المحاولة والخطأ، أو يرجع إلى التكيّف الغريزي مع الظروف الشاذّة في البيئة.

وبعض **النمل** يُعتَبر في منتهى الغباء، إذا ما قيس بذكاء حيوانات أخرى. فقد وجد اللورد أفيبوري Avebury أنّ النمل الصغير الذي احتُفِظ به في الأسر، لم يتعلّم كيف يكدّس كومة من التراب ترتفع نحو ثلاثة ميللمترات، كي يرتقيها للوصول إلى كميّة العسل، رغم أنّه يستطيع التعرّف على العسل بالشمّ، كما أنّه يدرك أنّ العسل بعيد. وقد لوحظ أن النمل لا يستطيع الوصول إلى الطعام أو إلى اليرقات، حتى إذا كانت العقبات التي تعترضه بسيطة.

ومن ناحية أخرى، هناك روايات صحيحة تُروى عن **النمل الزحّاف** فيما يتعلّق بقدرته على عمل جسر حيّ من النمل عبر المجاري المائية، وذلك بأن تمسك إحدى الشغّالات بطرف أحد الأغصان، ثم تأتي شغّالة أخرى لتمسك بها، ويتلوها

عدد كبير يمسك بعضه ببعض، حتى إذا تكوّنت سلسلة طويلة منها جميعاً أمكنها أن تصل إلى طرف غصن آخر في الشاطئ المقابل أو تتصل بأرض الشاطئ.

وعلى هذا الجسر الحيّ، تعبر بقية أفراد النمل إلى الجانب الآخر من المجرى. وقد سجّل العلامة بيتس Bates إحدى مشاهداته فقال: (كان طريق بعض أنواع نمل أمريكا الجنوبية يمرّ عبر قضبان القطار، وخلال مرور القطار سحق عدداً كبيراً من النمل تحت عجلاته، فما كان من النمل إلاّ أن عمل على حفر أنفاق تحت القضبان ليأمن خطر القطار). وعندما قام العلاّمة بيتس Bates بسدّ هذه الأنفاق، لم يجرؤ النمل على المرور فوق القضبان، وآثر الانتظار حتى أُنشِئت أنفاق أخرى.

وقد روى الكردينال فلوري Flori بعض مشاهداته عن **النمل**، وكيف استطاع أن يتخطّى نطاقاً من مادة **الدّبق** الذي طُلِيَ به جذع أحد الأشجار التي يعيش عليها، وذلك بأن أنشأ عليها طريقاً من التراب والحصى الدقيق. وقد سجّل العلاّمة الفرنسي رومير Romier هذه المشاهدات التي رُويت له في كتابه المسمى (مذكّرات عن تاريخ الحشرات) والذي صدر منتصف القرن الثامن عشر في ستّة مجلدات.

وقد تأيّدت هذه الحقيقة وثبتت صحّتها في السنوات الأخيرة. فقد ذكر أحد المراقبين، أنّ النمل استطاع أن يتخطّى عائقاً من مادّة القطران على جذع إحدى الأشجار، مستخدماً أشلاء حشرات المنّ التي يتغذّى على ما تُفرزه من مادّة سكّرية شهيّة.

وقد وقع **نمل** آخر في مثل هذا المأزق، فلم يحاول اقتحامه، بل صعد إلى أطراف شجرة وألقى بنفسه من الفروع. وربّما يرجع ذلك إلى أنّ هذا النمل ينتمي إلى نوع من النمل ضعيف البصر، وليس من طبيعته التجوال على عكس **النمل الزحّاف**. ويدلّ نشاط النمل في عملية البناء، على امتيازه بِقَدْر معيّن من ذكاء

يتصل باختيار الوسائل الملائمة للبيئة. إلاّ أنّ الموهبة الغريزية في البناء تلعب دوراً هامّاً تفوق الذكاء أو التعلّم بكثير.

وحين تخرج **النحلة** من العين التي أمضت فيها أطوارها السابقة، من بيضة إلى يرقة إلى عذراء، تقوم بأوّل عمل لها في حياتها، فتجفّف وتنظّف نفسها، ثم تأخذ في تنظيف العين التي خرجت منها. وهذا التنظيف هامّ وضروري، فليس في استطاعة ملكة النحل وضع بيضة أخرى في العين ما لم تكن نظيفة.

وبعد ثلاثة أيّام، تقوم النحلة بسلسلة وظائف متتابعة تسير على نظام دقيق، لا تغيير فيه ولا تبديل. وأُولى هذه الوظائف التي تقوم بها النحلة وهي في اليوم الرابع من حياتها، تغذية اليرقات في العيون، فتأخذ في إفراز مادّة سائلة من غُدد خاصّة في رأسها، تسمى (السائل الملكي) أو (الغذاء الملكي) أو (لبن النحل).

كما تُقدّم العسل وخبز النحل (وهو خليط من العسل وحبوب لُقاح الأزهار) من مخازن الخليّة لتغذية اليرقات. وتمرّ بضعة أيام وهي تقوم بهذا العمل، ثم تتدرّج إلى وظيفة أخرى، وهي استقبال النحل الجوّال الذي يجمع الرحيق، فتمتصّه منه بِفَمِها وتقوم بتحويله إلى عسل في معدتها، ثم تخرجه مرّة أخرى وتخزّنه في العيون المخصّصة له في الخلية. كما أنّها تجمع حبوب اللقاح من على أرجل النحل الجوّال وتعجنه بالعسل لتصنع منه خبز النحل. وبعد فترة، تنتقل إلى وظيفة (عامل النظافة) حيث تقوم بتنظيف الخليّة وإلقاء القاذورات خارجها، ثم تقوم بإفراز الشمع من غُدد خاصّة في بطنها، ومن هذا الشمع تُبنى الأقراص والعيون. وآخر عمل تقوم به النحلة في الخليّة هو الدّفاع والحماية، فيقف النحل على باب الخلية يحرسها ويطرد ويلسع أيّة نحلة أو حشرة غريبة تحاول التسرّب إلى الخلية لتسرق العسل. وفي النهاية، وحين تُتِمّ النحلة يومها العشرين، تخرج من الخليّة لجمع الرحيق من الأزهار وحبوب اللقاح، وجلبه إلى الخلية.

وبذلك نرى أن **للنحل** جملة وظائف يسير فيها على خطّة رتيبة في حياته، وكل هذه الوظائف أعمال غريزيّة، فالنحلة لا تتعلّم كيف تقوم بها، ولا تتدرّب على عملها، لكنّها تتبع غرائز الواحدة إثر الأخرى بنظام تامّ.

وإذا ما تعمّقنا في كيفيّة تعرّف النحل على مصادر الغذاء، وهل يحكم ذلك الغريزة أم التعلّم، نرى أنّ النحل يتعرّف على الأشياء التي تشبه الأزهار بشكل غريزيّ، فهو يحطّ تلقائياً على الأجسام الصغيرة الزاهية الألوان. ومع أنّ النحل يتعرّف فطرياً على الأشياء الشبيهة بالأزهار، فإنه لا بدّ أن يتعلّم أيّ هذه الأشياء ُيحتمل حيازته على الغذاء.

فالخصائص الأوّلية الشبيهة بالزهرة تؤلّف منبهاً لا شرطياً للنحلة، بمعنى أنّها تؤلّف مجموعة من الإشارات المنبّهة. وهكذا تبعث هذه الخصائص بدورها الاستجابات اللا شرطية المتمثلة في حطّ النحلة على الجسم المعني وسبره بخرطومها، وكِلا المَسْلَكين يمثّل برنامجاً فطرياً للحركة. فلو حَظِيَت النحلة من جسم شبيه بالزهرة **بمكافأة غذائيّة**، لأمكن أن تتعلّم النحلة الخصائص النوعية للزهرة - أي تُنْقَش - في صورة حوافز شرطيّة.

إنّ أول ما يتعلّمه النحل من الزهرة هو **رائحتها**. ولقد بيّن كارل فون فريش Karl Von Fresh في باكورة حياته العلميّة، أنّ النحلة بعد تدريبها على الاغتذاء من مصدر ذي رائحة معيّنة، إنّما تنتقي الأزهار ذات الرائحة المشابهة من بين مئات البدائل.

والشيء الثاني الذي يتعلّمه نحل العسل عن الزهرة هو **لونها**. ولقد بيّن مينزل Menzil أنّه يلزم النحلة نحو ثلاث زيارات تدريبية لأزهار تحمل اللون نفسه، قبل أن تصطفي ذلك اللون من غيره في 90% من المرّات. وبعد ما يقرب من عشر رحلات تدريبية، تنتقي النحلة اللون الصحيح في أكثر من 95% من المرّات. لكنّ النحل لا يتعلّم جميع الألوان بسرعة متساوية.

ويتعلّم النحل أشياء عديدة عن الأزهار، لكن توجد بعض الدالاّت التي لا يمكن اختزانها في ذاكرة النحل كجزء من خصائص الزهرة، وإن كان النحل يستطيع تعلّمها في مضامين سلوكية أخرى. فمثلاً يُشتهر عن النحل أنّه شديد الحساسية للضوء المستقطب (الذي يهتدي به في مِلاحته الجويّة)، لكنّه لا يستطيع أن يتعلّم النماذج الاستقطابية للأزهار. ويُجيد النحل كذلك تعلّم وجهة خلية النحل، إلى درجة أن لفّ تلك الخلية بمقدار 90 درجة، يجعل معظم النحلات الجانيات للغذاء يعجزن عن العثور على مدخل الخلية، إلى أن تقوم نحلات أخرى بتزويدها بدالاّت كيميائية قويّة.

وتُوحي نتائج التجارب أنّ نحل العسل وهو يتجه نحو أهدافه المعينة بفعل دالاّت غريزيّة، إنّما يتذكّر ملامح نوعيّة معيّنة لتلك الأهداف. ويجري اختزان تلك الملامح على نسق من التدرّج في مرتبة الأهميّة، بحيث تكون هذه الملامح مترابطة مسبقاً في ذاكرة النحلة. أما الدالاّت التي يجري تذكّرها، والسرعة التي يجري بها تذكّر كل دالّة، والطريقة التي تُختزَن بها البيانات التي يُعاد استرجاعها، فإنّها جميعاً خصائص فطريّة لدى النحل.

وللغرائز دائماً مسبّبات، فهي الدّعامة القويّة لحياة الحيوان وسعيه في طلب الرزق وحرصه على نفسه وحياته وحياة صغاره. وبدافع من غريزة الأمومة العمياء، تَرعى أنثى **العصفور الصغير** فرخ **الكوكو الكبير الحجم** رعايتها لصغارها. وحين يكبر هذا الفرخ المتطفّل ويقوى، فأوّل عمل يقوم به هو التخلّص من صغار العشّ الأصلي. فغريزة الأمومة العمياء عند العصفور جعلتها تحنو على فرخ الكوكو بدلاً من قتله ساعة فقسه من البيضة.

أما **الحيوانات المستأنَسة** التي لم تعد تعيش في بيئتها الطبيعية، فإنّها تحتفظ بغرائزها التي اكتسبتها من أسلافها القدامى، في حين أنّ حياتها الجديدة لم تعد

تتطلّب وجود هذه الغرائز، وهذا يؤيّد (أوتوماتيكية) الغرائز، حيث لا تدري الحيوانات لِمَ تقوم بها.

فالسنجاب البرّي يجمع البندق والبذور في الغابة ويختزنها لأيام الشتاء. **والسنجاب المستأنَس** الذي يُربّى في المنازل يجمع البندق الذي يُرمى إليه ويُخفيه وراء رِجْل كرسي أو صندوق ويحرّك رجليه وكأنّه يدفنه. وإذا أرادت **الكلاب** النّوم على سجّادة في المنزل، فإنّها تدور عدّة مرات حول المكان الذي ستنام فيه وكأنّها ما تزال تعيش في الغابة، حيث تقوم بتمهيد الحشائش كي تجعل منها فراشاً ليناً عند استلقائها فوقها.

ويوجد نوع من **الديدان** اسمه **المتتابع** Processional، الذي أتى اسمها من سلوكها حين خروجها للبحث عن غذائها، حيث تسير في صفّ طويل يتبع بعضه بعضاً، فنهاية كلّ دودة أمام رأس الدودة التي تليها. وقد أُجريت تجربة مشوّقة ومثيرة في آن واحد على هذه الديدان، بأن جُعِل رأس الدودة الأولى يلامس نهاية الدودة الأخيرة من الصف، فتكوّنت حلقة من الديدان، وكانت النتيجة مضحكة، إذ ظلّت هذه الديدان تدور ويدور بعضها حول بعض في دائرة لمدة طويلة تجاوزت عدة أيام.

وهناك بعض الأعمال التي يقوم بها الحيوان، ويعتقد الكثيرة أنّها أعمال غريزية. لكنّ التجارب الدقيقة أثبتت أنّها ليست غرائز. فعداوة **القطّ والفأر** مشهورة، وقد ظُنّ أنها عداوة غريزيّة، لكن ظهر أنّ هذا العداء مكتَسب بالتعليم. أُخذت قطّة في سن خمسة شهور ووُضعت في قفص فيه فأر، ولم ترَ هذه القطة فأراً من قبل فلعبت معه مدّة ساعة ولم تؤذه، أو تجرحه. ثم أُدخل في القفص معهما قطّ كبير فافترس الفأر في الحال.

ثم أُخرج القطّ الكبير وأُدخل فأر فلم يؤذه القطّ وإنّما كان لعبه معه جافّاً، ولم يفترسه إلاّ بعد أن شاهد القطّ الكبير يفترس الفأر عدّة مرات. وقد ثَبُتَ بذلك أنّ القطّ

يتعلّم قتل الفئران وافتراسها بالمحاكاة، أي أنّها تكتسب عادة قتل الفئران. وممّا يؤكّد هذا، أنّه يمكن تربية الفئران مع القطط، فتنشأ بينهما أُلفة وصداقة.

وتحتاج الحيوانات إلى أن تتعلّم كثيراً من الأشياء، غير العثور على الطعام. فعلى سبيل المثال، لا بدّ لها أن تتعلّم كيف تتعرّف أنواع الضواري المفترسة والأعداء المختلفة وكيف تتصرّف إزاءها. ويكفي بالنسبة لبعض الحيوانات تحديد الطائفة التي ينتمي إليها النوع المفترس. **فعثّ الفراش والجداجد**، يشرعان تلقائياً في مناورات المراوغة، لدى سماع الأصوات ذات الطبقة العالية التي تميّز **الخفاش الصيّاد**.

أما الحيوانات الأخرى، فيتعيّن أن يكون في مقدورها التمييز الدقيق، بين ماهو صديق وما يُحتمل أن يكون عدوّاً. وتُعدّ **الطيور المعشّشة** مثالاً مناسباً على وجه الخصوص، إذ يجب عليها أن تتعلّم التمييز الدّقيق بين ما هو صديق وما يُحتمل أن يكون عدوّاً. فهي يجب أن تتعلّم التفريق بين ماهو غير مؤذٍ من الطيور مثل **أبي الحنّاء**، وبين ما يصطاد البيض والصغار مثل **الغراب وطائر أبي زريق**.

فعندما تكتشف الطيور المعششة من الطيور الجارحة، تقوم بمهاجمتها كمجموعة، حيث تُعرف هذه الظاهرة عادة باسم **الهَيْش أو الجمهرة** Mobbing. فكيف تعرف الطيور أيّاً من الضواري يجب عليها أن تهيش لصدّه، وأيّاً منها يمكن تجاهله؟

لقد بيّن أ. كوريو، A. Korio، أنّ عملية تعلّم النوع الذي ينبغي الهيش لمواجهته، هي عملية موجّهة فطرياً. لقد وضع (كوريو) في تجاربه مجموعات الطيور - والتي كانت غالباً من الشحرور - في أقفاص منفصلة. ووضع بين الأقفاص صندوقاً دوّاراً ذي أربعة أقسام، بحيث تستطيع طيور القفص الواحد أن تنظر إلى قسم واحد فقط من أقسام الصندوق في الوقت الواحد، بينما ترى طيور

القفص الآخر قسماً مغايراً من أقسام الصندوق مع إمكان رؤية الطيور لبعضها البعض في مختلف الأقفاص.

وهنا شرع (كوريو) يعرض على كل قفص طائراً محنّطاً من نوع غير مؤذٍ هو **آكل العسل الأسترالي**، وذلك عن طريق تدوير الصندوق المركزي. فلاحظ أنّ الطيور لم تبدِ أي ردّ فعل. وبعد ذلك، وضع الباحث طائراً **البُوم** المحنّط في أحد أقسام الصندوق، وطائر **آكل العسل** في القسم المقابل. ولدى تدوير الصندوق بحيث يقع كل من النموذجين المذكورين في مجال نظر إحدى مجموعتي الطيور، شرعت طيور القفص المواجه **للبُوم** بإصدار أصوات الهيش الفطريّة التي تميّز نوعها، كما حاولت أن تهاجم ذلك النموذج المحنّط **للبُوم**.

أمّا مجموعة طيور القفص الآخر، وبعد أن راقبت لبرهة من الزمن هيش طيور المجموعة الأولى، بدأت استجابتها لتلك المجموعة من الإشارات المنبّهة العنيفة ومن ثم بدأت تحاول مهاجمة **آكل العسل** المحنّط مصدرة في الوقت نفسه أصوات الهيش. وفي المرّات اللاحقة، حاولت هذه المجموعة ذاتها أن تتصدّى بالهيش كلّما لاح أمامها **آكل العسل**، مع كون هذا الطائر الأخير ينتمي لنوع لم يُشاهَد يوماً يغزو عشّاً من الأعشاش.

وقد وجد (كوريو) أنّ تلك الكراهية **لآكل العسل** التي لا تستند إلى أساس، إنّما انتقلت من الجيل الواحد إلى الجيل الذي يليه، عن طريق مشاهدة الطيور (الشحارير) الصّغار لأبويها. وفي تجارب لاحقة، استطاع (كوريو) أن يعلّم هذه الطيور أن تهيش ضدّ زجاجات أحد منظفّات المغسلة.

هناك وجه من الصواب في الاعتقاد، بأنّ مثل هذا التبدّل في استراتيجية تعرّف الأعداء، هو أمر وارد في كثير من أنواع الثدييات مثلما هو وارد عند الطيور. ولعلّنا نجد أفضل صور هذا التحول إتقاناً لدى **قرود الفرفت** Vervet monkey.

وقد بيّنت التجارب أن **قرود الفرفت** تُطلق أصوات تحذير خاصّة بكلّ نوع من أربعة أنواع من الضواري هي: **الضّواري الهوائية** مثل العقبان، **والضّواري ذات الأرجل الأربعة** مثل النمور (الفهود)، **والضّواري من الرئيسات** مثل قرود البابون، **والضواري من الزواحف** مثل الأفاعي.

ولكلّ صوت تحذيريّ استجابة خاصّة مختلفة عن تلك الناجمة عن غيره. فمثلاً، يؤدّي صوت التحذير من **العُقبان** إلى احتماء **قرود الفرفت** الموجودة على الأرض، وإلى نزول **قرود الفرفت** الموجودة في رؤوس الأشجار بسرعة نحو داخل الأشجار حيث الأمان، في حين تتجاهل قرود الفرفت الموجودة على الأشجار صوت التحذير من الأفاعي، في الوقت الذي تستجيب له القرود الموجودة على الأرض، بالوقوف نهوضاً على أرجلها الخلفيّة مع مسح وتمشيط الأرض من حولها بأبصارها.

وتُصدِر **صغار الفرفت** أصوات التحذير بشكل غريزيّ، استجابة لنطاق واسع (ولكنّه نوعيّ) من المنبّهات. وعلى سبيل المثال، فإنّ كلّ شيء يقع حجمه ضمن حدود معيّنة، ويتحرّك في الفضاء المكشوف بسرعة زاويّة معيّنة، يؤدّي بصغار الفرفت إلى إصدار التحذير من العُقبان. ومثل هذا الصوت، يمكن أن ينبعث عند رؤية الصغار **لطائر اللقلق** أو حتى لمشهد **ورقة نبات** تسقط.

ومع مرور الزمن، يتعلّم **صغار الفرفت** أيّ الأنواع الحيوانيّة يسبّب **لكبار الفرفت** إطلاق أصوات التحذير هذه. وهكذا، يمكن لقرود الفرفت التي تكبر وتعيش في منطقة واحدة، أن تتعلّم إطلاق أصوات التحذير لدى رؤيتها **للبابون والنمور والفهود** وأنواع معيّنة من **العُقبان**. في حين قرود الفرفت التي شبّت في منطقة أخرى، يمكن أن يكون لها ردّ فعل لرؤية **البشر والكلاب البريّة** وأنواع معيّنة من **الصقور**.

كما أنّ هناك مهمّة أخرى يجب على الحيوان أن يؤدّيها، وغالباً ما تتطلب التعلّم، ألا وهي التعرّف على غيره من الأفراد من نوعه الحيوانيّ نفسه. ولعلّ أكثر استخدامات التعلّم في التعرّف على النوع ثراءً وأفضلها فهماً هو **تعلّم الطيور للتغريد**. فجميع الطيور تمتلك منظومة من أصوات تولّدها وتتعرّفها بالغريزة. وهي ليست في حاجة إلى تعلّمها، بل إنّ في مقدور الفراخ التي تفقس وتنشأ بمعزل عن أقرانها، أن تُصدر هذه الأصوات. كما أنّ بضعة أنواع من الطيور تمتلك أغاريد صوتية معقّدة تستخدمها في جذب الأقران من الجنس الآخر بهدف التزاوج، وفي الدفاع عن الحِمَى. ومن المحتّم - إلى حدٍّ ما - أن تتعلّم الفراخ الأغاريد من الأفراد البالغة من نوعها نفسه.

ويعدّ **العصفور ذو الإكليل الأبيض** مثالاً جيداً على ذلك، إذ تُصدر ذكوره البالغة أغرودة غزليّة مؤلّفة من ثلاثة أو أربعة مقاطع غنيّة بالمفردات اللحنيّة المنغومة. كما تُصدر الأفراد المختلفة أغاريد مختلفة يمكن تمييز بعضها عن بعض، لكنّ النسق العام للأغرودة يبقى واحداً في أفراد النوع الواحد. فالأغرودة التي يؤدّيها كلّ فرد ذكر، تُشبه (لكنّها لا تطابق) الأغاريد المسموعة بالقرب من المكان الذي نشأت فيه. (أي أنه توجد بالفعل لهجات محلية).

لقد كشفت التجارب، التي أجريت حول موضوع اكتساب صغار العصافير للخبرة الحسيّة، الشيء الكثير عن نظام عمليّة تعلّم الأغرودة. فالطائر الذي يبقى في عُزلة سمعية مثلاً، يبدأ في إصدار نغمات الأغنية وتجريبها وهو بعمر شهر تقريباً. وتستمرّ فترة التجريب هذه المعروفة باسم فترة **الأغرودة الجزئية** Subsong على امتداد شهرين تقريباً.

وفي حوالي اليوم المئة من عمره، **يُبَلْوِر** العصفور أغرودته إلى الشكل الذي لن يتغيّر بعدها كثيراً. وهنا تكون الأغرودة فجّة إلى حدّ كبير، لكنّها تحمل الكثير من السِّمات الأساسية لأغرودة **العصفور البالغ ذي الإكليل الأبيض**. وتُبيِّن مثل هذه

التجارب، أنّ صغير العصفور يُولَد حائزاً لأغنية فطريّة أساسيّة، ثم يتعلّم أن يُتقنها عندما يكبر في بيئته البريّة. ويبدو أنّ العمليّة الحقيقيّة التي يشكّل بها الطائر نُسْخَته الخاصّة للّهجة المحليّة إنما تتمّ عن طريق التعلّم بالمحاولة والخطأ.

وهناك الكثير من الحيوانات التي تحاول أن تقوم بأعمال وتتجنّب الأخطاء التي وقعت فيها في أولى محاولاتها، حين كانت تعمل هذا العمل أوّل مرة. **فالكلب** ينظّف نفسه قبل دخوله المنزل، خوفاً من العقاب الذي وقع عليه أول مرة دخل فيها المنزل وهو قذر. وتُتقن **حيوانات السيرك** الكثير من الحِيَل والألعاب انتظاراً لمكافأة تحصل عليها، أو خوفاً من عقاب يحلّ بها. حتى **الديدان** تستطيع أن تتعلّم بهذه الطريقة، وإن كان هذا يبدو غريباً.

فإذا أُدخلت **دودة الأرض** في أنبوبة على شكل حرف (Y) من طرفها السفلي، فإنّها تتّجه برأسها وتزحف في الفرع الطويل حتى تصل إلى مكان التفرّع، وهنا قد تتّجه إلى الشعبة اليمنى أو اليسرى. وبعد أن نكرّر دخولها وخروجها عدّة مرات، نصل الفرع الأيسر للأنبوبة ببطارية كهربائية تسبّب هزّة للدودة إذا سارت فيها. ثم أُدخلت الدودة، وحين وصلت إلى مكان التفرع، زحفت إلى الفرع الأيسر فأصيبت بالهزّة الكهربائية، وكُرِّرت هذه العملية عدّة مرات، فصارت تتّجه من تلقاء نفسها إلى الفرع الأيمن، وكأنّها تعلّمت من محاولتها السابقة التي أخطأت فيها ونالت جزاء خطئها، لقد تعلّمت أن تتّقي الشرّ، فصارت تأخذ الطريق الخالي من العقبات.

ولا تتعلّم **الطيور** بناء العش ولا تربية الفراخ، فهذه كلّها غرائز فيها، لكن لا بدّ أن تتعلّم أشياء أخرى، كاختيار النوع المناسب من الغذاء. **فالفرخ الصغير** حين يفقس من البيضة، يلتقط أي شيء يصادفه ويراه أمامه، فعملية الالتقاط غريزية، لكنّها غريزة عمياء توحي له بعمل شيء ما دون أن تدلّه على النوع الصالح منه.

لذلك لا بدّ له أن يتعلّم اختيار الطعام المناسب له، ويتعلّم هذا بالتجربة ومحاولة تجنّب الخطأ، لكنّه لا يأخذ وقتاً طويلاً، إذ سرعان ما يحسنه ويتقنه. فلو أُعطيت

الفراخ الصغيرة للدجاج نوعاً من اليرقات لذيذة الطعم مخلوطاً بنوع من اليرقات رديئة الطعم، لما تبيّنته أو ميّزته من الوهلة الأولى، لكنّها بعد وجبة أو اثنتين، تلتقط النوع اللذيذ وتترك الرديء، فكأنها بأخطائها وما تحمّلته من رداءة الطعم، استطاعت أن تتعلّم كيف تنتقي غذاءها.

وهناك نوع من التعلّم أرقى من التجربة والخطأ، وهي ترتيب الأدلة حتى يصل إلى النتيجة، إن لم يستطع أن يحلّها بغريزته، إذ تفعل **القردة والبابون** هذا. ففي غرفة خالية، وُضِعَ صندوقان مغلقان وعلبة من الصفيح، وعُلِّق في سقف هذه الغرفة خيط ينتهي بإصبع موز، ثم أُدخل إلى الغرفة قرد، ليس باستطاعته أن يصل إلى إصبع الموز وهو واقف على الأرض.

نرى هذا **القرد** يمكث لبرهة ناظراً إلى إصبع الموز والصندوقين والعلبة، ثم يهرول مسرعاً إلى الصندوقين فيضع أحدهما فوق الآخر، ومن فوقهما علبة الصفيح ثم يعتليها جميعاً والوصول إلى إصبع الموز. لم يسبق لهذا القرد أن اعترضته عقبة شبيهة بهذه من قبل، لذا من الواضح أنّ القرد أعمَلَ فكره في كيفية الوصول إلى إصبع الموز، واستنبط أنه لكي يصل إليه، يجب عليه أن يضع الصناديق والعلبة فوق بعضها. لقد وصل إلى النتيجة بعد تفكير، ففكّر وجمع الأسباب والدلالات، حتى وصل إلى النتيجة المرجوّة.

وبدلاً من محاولة فهم لغة **الدلفينات**، بوساطة جهاز إلكتروني، قام الدكتور جون. سي. ليللي John. C. Lilly مؤسّس ومدير معهد أبحاث الاتصالات في ميامي، بمحاولة تعليمها اللغة الإنجليزية، معتمداً بصفة خاصّة على الاتصالات الشخصية.

والدلفين ليس مزوّداً بحبال صوتية، لكن يبدو أن لَهاته تقوم بدور الرقائق المهتزّة. لذلك لا يستطيع التكلّم كما يفعل الإنسان، لكنّه يستطيع من الناحية

النظرية، أن ينطق بكلمات على طريقة **الببغاء**، وتبعاً لتسجيلها الخاص. لكن يبدو أنّ مخّه بعكس مخّ الطيور، يستطيع أن يُحدث توافقاً سليماً بين الكلمات ومعانيها.

لقد اعتاد **الدلفين الذّكر** المدعو **إلفار** Elvar أن يرشّ أليس ميللر Alice Miller مُساعِدة الدكتور (ليللي) بالماء المالح، إلى أن يسمع صوتها وهي تصيح به كل مرة: قِفْ يا إلفار! وعندما استمع (ليللي) إلى التسجيل، لاحظ مذهولاً، أن (إلفار) كان يردّد بوضوح، وبصوت أخنف (بغنّة)، أشبه بصوت الغواص داخل قلنسوته، أصوات العبارة: (قف يا إلفار).

وفيما بعد، كان يردّد عبارات أخرى مثل: (باي باي)، وضحكة نسائية، وبضع كلمات مثل (ثلاثة، اثنان، ثلاثة) وغيرها، مع التزامه بدرجة وثيقة بتوافقات ونبرات وصوتيّات لغة الإنسان.

من جهة أخرى، أمضت مارغريت هوي Margret howe مُساعِدة أخرى للدكتور (ليللي) شهرين بمفردها مع (بيتر Peter) وهو **دلفين ذكر يافع**، في حوض أُنشئ خصّيصاً لهذا الغرض.

وفي الوقت الذي كانت تقوم فيه (مارغريت) بِطَهي طعامها، أو كتابة مذكّراتها، أو تسجيل مناقشاتها مع **الدلفين**، كانت تجلس على حافّة الحوض وتترك قدميها منغمستين داخل الماء. كان (بيتر) يتحرّك ويناور داخل الحوض الذي تبلغ مساحته 30 م^2 وعمقه 60 سم، وكان باستطاعته طوال الوقت أن يشاهدها ويلمسها ويكلّمها.

كانت هي وحدها التي تقدّم له طعامه، وتتكلّم معه، وتسرّي عنه. وبعد خمسة وسبعين يوماً، قدّمت تقريراً عن تجربتها جاء فيه: (لقد تعلّم **بيتر** كثيراً، فضلاً عن الأشياء الكثيرة التي لم ألاحظها. فالدلفينات مثلاً تستطيع أن تتعلّم اللعب مع الإنسان. وكثيراً ما كان **بيتر** يكتشف لعبة جديدة، ويطلب منيّ أن أشاركه فيها. كان ينجح في إفهامي ما يفضّله، وميوله وطريقته المفضّلة في التعليم. كما أنّه تعلّم كيف

يخفّف من حركاته، ويسيطر على اندفاعه الطبيعي، لكي يتواءم مع قدراتي. وأخيراً أدرك أنّه يستطيع أن يُدخِل السرور على قلبي، أو يثير غضبي).

وطبقاً لتقرير (مارغريت هوي)، فإن **بيتر**، قُرْبَ نهاية التجربة، كان يحاول تقليد درجة ارتفاع صوتها، ومن ذلك أن يرفع من نبرة آخر الكلمة، مثلما كانت تفعل هي. كان يصغي بانتباه أثناء الدروس، وأبطل عادة الدوران، ورشّ الماء، كما كان يفعل في البداية. كان يُراقب ويعدّ الكُرات، ويميّز بين المستطيل والمربع. كان يُحجم عن العمل في البداية إلاّ إذا كُوفئ بسمكة، ثم أصبح يعمل حبّاً في العمل. وكثيراً ما كان يحاول تجربة جديدة في اللغة. كما أنّه أصبح شديد الحساسية للإطراء أو التأنيب من معلّمته.

لم يكن **بيتر** في أوّل الأمر يفعل أكثر من إصدار الصرخات، ولم يكن يردّد كلمات معلّمته، كما كان يقاطعها كثيراً. ثمّ أخذ يُصدِر أصواتاً تشبه الكلمات، وإن كان دائماً يقاطع (مارغريت). لكنّه سُرعان ما بدأ في الإصغاء بانتباه، والإجابة عن الأسئلة والتعليمات. وأخيراً كان يصمت عندما تصيح به معلّمته **هس!** كما كان يصحّح أخطاءه، بعد أن توضِّح له موضع الخطأ.

وفي الأيّام الأخيرة من التجربة، كان يقلّد بعض الكلمات، ويصغي بانتباه إلى ما يوجَّه إليه منها، ولا يقاطع معلّمته، وينتظر دوره في الإصغاء وفي الكلام. وفي عام 1961، كتب (ليللي) في كتابه: (الإنسان والدلفين) يقول: (إنّ من الحتميّ أن نتوصّل إلى تفاهم متبادَل في خلال عشرة أو عشرين سنة). وفي عام 1967، وفي كتابه: (عقلية الدلفين) أورد تأكيده بأنّ المهلة التي سبق أن حدّدها لا تزال قائمة.

وفي الحقيقة، تمثّل الدراسات الحديثة حول التعلّم عند الحيوانات، تحوّلاً عميقاً عن السلوكيّة في بواكيرها، يوم كان يُفترض أنّ الحيوانات تقتصر على التعلّم بالشرط التقليدي (الكلاسيكي) والشرط التشغيلي، ويوم كان يُتوقّع لهذه الحيوانات أن تستطيع تعلّم كلّ ارتباط أو سلوك من خلال هاتين العمليتين.

ومن المفهوم اليوم، أنّ جانباً كبيراً من عملية التعلّم، وإن كان مبنياً على الشرط، إلاّ أنّه وَقْف على تعلّم ما يُحتمل أن يواجهه الحيوان من أعمال. فالحيوان مجهّز بالفطرة لأن يتعرّف متى ينبغي له أن يتعلّم، وما هي الدالاّت التي ينبغي عليه أن ينتبه إليها، وكيف يقوم باختزان المعلومات الجديدة، وكيف يرجع إلى هذه المعلومات في المستقبل، وحتى مقدرته على ممارسة وتبويب عمليّات المحاولة والخطأ المعرفيّين. فإن هذه المقدرة قد تعتمد على توجيه وتخصّص فطريين. فبفضل هذا التخصّص، يتذكر **طائر القرقف الأمريكي** - رغم صغر دماغه - مخابئ مئات البذور. بينما يبدأ الإنسان بنسيان مخابئها إذا ما تجاوزت الاثني عشر. إنّ هذا المفهوم يسمح لنا أن نرى كيف تكون الحيوانات المختلفة فَطِنة في الأساليب التي أيّدها الانتخاب الطبيعي، بينما تكون غبية في المواقف التي لم تدْعُ طبيعة حياتها إلى إيجاد برامج تعلّم معتادة خاصة بها.

الفصـــل الثــاني عشـر

إِنْتَــاجُ الضَّــوءِ الحَــيَوِيّ

إنتـــاج الضـــوء الحـــيوي

إنتاج الضوء الحيويّ أو الإشعاع الحيويّ، ظاهرة منتشرة في الطبيعة على نطاق واسع جداً. ولا شكّ أن كلاًّ منّا قد لاحظ هذه الظاهرة بشكل من الأشكال. فالأغصان تتألّق في الظلام، كما يتوهّج البحر في بعض الليالي محدثاً منظراً خلاّباً لا يُمكن وصفه أو نسيانه.

وقد لاحظ الناس هذه الظاهرة منذ غابر العصور، بَيْدَ أنّ أحداً منهم لم يتمكّن من معرفة سبب ذلك. وبعد مضيّ فترة من الزمن، اتّضح أنّ الذي يتألّق ليس الخشب ذاته، ولا ماء البحر، بل تلك الأجسام الحيّة الميكروسكوبية التي تعيش على الخشب.

وليست هذه الأجسام هي وحدها على كوكبنا الأرضي، التي تتمتّع بمثل قابلية الإشعاع هذه. فبمثل هذه القابلية، تتمتّع مختلف أنواع الحيوانات والنباتات. ويوجد اليوم على الأرض أكثر من ألف ومئة نوع من الحيوانات التي تشعّ نوراً، يخفّف نوعاً ما من ظلمة الليل في تلك المناطق التي تعيش هي فيها.

لقد بدأت الدراسات المتعلّقة بنشأة الإشعاع الضوئي الحيوي منذ أكثر من أربعين عاماً. وأوّل من أجرى الدراسات على كيميائية الإضاءة الحيوية هو العالم الأمريكي ستهلر Stehler وزملاؤه من جامعة شيكاغو، وتوصّلوا إلى اكتشاف مادّة أساسية ضرورية للإضاءة سميت **اللوسيفرين**. وفيما بعد، تبيّن لعديد من العلماء أنّ الإضاءة الحيوية تحدث بأكسدة **اللوسيفرين** بالأوكسجين بوجود وسائط أخرى، أهمّها إنزيم **اللوسيفراز**. وبصورة عامّة، فإنّ الموادّ التي تشترك في تفاعلات الفسفرة الحيوية هي التالية:

1- الماء 2- الشوارد المعدنية 3- الأوكسجين 4- مركّب حامل للطاقة (ATP) أدينوزين ثلاثي الفوسفات 5- مادّة اللوسيفرين Luciferin 6- إنزيم اللوسيفراز Luciferas.

ينطلق أثناء هذه التفاعلات قدر ضئيل من الحرارة. وقد قدّرت الحرارة التي تنبعث من ضوء الخنفساء بنحو 1/80000 من الحرارة التي تنبعث من شمعة مماثلة لها في شدة الإضاءة، لذلك قدِّر أن 98% من الطاقة المشعة تنطلق في هذه الحالة على صورة ضوء. إنّ طول موجة الضوء الصادر يتعلق بنوع مادة **اللوسيفرين،** وغالباً تكون الأضواء الصادرة في حدود الطّيف المرئي، وقد تتولّد إشعاعات غير مرئيّة تكشفها الأجهزة الحساسة **فوتومترات**.

والجدير بالذِّكر أنّ مادّة **اللوسيفرين** نوعية، كالبروتينات ولكلّ منها إنزيم خاصّ. وقد أجرى بعض العلماء تجارب دقيقة على آليّة التفاعل، فعزلوا إنزيم **اللوسيفراز** من نوع من **البكتريا المضيئة،** وأضافوه إلى مادة **اللوسيفرين** المستخرجَة من **كائن مضيء آخر،** فحدث التفاعل ولم ينتج الضوء.

وتبدو الأضواء الصادرة بألوان مختلفة أهمّها **الأزرق والأحمر والأخضر والأصفر،** حيث تظهر هذه الألوان بدرجات مختلفة من الفاتح إلى الغامق. ومن حيث لون الضوء المنبعث من **الحشرات المضيئة،** فقد وُجِد أنّه يتراوح من **اللون الأخضر الفاتح إلى اللون الأحمر الذهبي**. فمثلاً ينبعث من العضوين الظهريين **لخنفساء** Pyrophorus ضوء أخضر فاتح، وينبعث من العضو البطني ضوء برتقالي.

وقد أظهرت التحاليل الضوئيّة أنّ الضوء المنبعث من هذه الحشرات يخلو تماماً من الأشعّة فوق البنفسجية. وينحصر طول الأمواج الضوئية بين 486 - 720 ميلليمكرون، أي المنطقة الخضراء والصفراء والبرتقالية وبعض الحمراء

من مناطق الطيف. وبذلك تَشغُل الإضاءة المنبعثة من هذه الحشرات منطقة تكاد تتّفق مع الضوء الأكثر تألّقاً ووضوحاً لعين الإنسان.

ويرجع السبب في اختلاف طول الموجات الضوئيّة بين نوع وآخر، إلى وجود عدّة أنماط من مادة **اللوسيفرين وإنزيم اللوسيفراز**. وقد قُدّر أنّ سبع وثلاثين أو ثمان وثلاثين حشرة بالغة من Pyrophorus (وهي من أشد الحشرات إضاءة)، يُمكنها أن تُضيء حجرة صغيرة بقدر ما يضيئها مصباح قوّته شمعة واحدة.

ومن الكائنات ما ينبعث منه الضوء كصفة حيويّة ملازمة له طوال حياته، نتيجة للتفاعلات الكيماوية لعمليّات الاستقلاب في داخل جسمها. ومنها ما يَظهَر فيه الضوء لفترة محدّدة، كما يحدث عند إصابتها بأنواع البكتريا المضيئة، أو ابتلاعها غذاء مضيئاً (ملوّثاً بالبكتريا المضيئة).

وإذا كان الضوء البارد في بعض **الكائنات البحرية من اللافقاريّات والبكتريا المضيئة** هو ناتج ثانوي، كالحرارة الناتجة عن تفاعل حيويّ، فإنّ أعضاء الإضاءة في الكائنات الراقية من **اللافقاريّات وأسماك الأعماق** تبيّن أنّ الفعّالية الضوئيّة عمليّة تكيّفية وظيفيّة وليست ناتجاً إضافيّاً لتفاعل حيوي. تتّخذ الأعضاء الضوئية أشكالاً مختلفة وعلى درجات متفاوتة من الدقّة والتصميم، ومن أهمّها المصابيح المضيئة الإرادية.

تعيش الغالبية العظمى من الكائنات الحية الضوئية في البحار والمحيطات. وأشهر تلك الكائنات الحية هي **البيردينيات،** الكائنات الصغيرة جداً والتي تخلق تلك الصورة الرائعة للبحر المتألّق. وتجدر الإشارة إلى أنّ هذه الأجسام لا تشعّ الضوء عندما تكون في حالة هادئة، لكنّها تتوهّج لبضع لحظات مطلقة شعاعاً ساطعاً ثم تنطفئ بعد أن تفقد كل احتياطها من الطاقة، حين تقلقها حركة الماء التي تولّدها سفينة مارة بالقرب منها.

ويمكن ملاحظة هذه الظاهرة أيضاً على رؤوس الموجات في عرض البحر وفي مناطق المدّ والجزر الساحلية. و**البيردينيات** التي تقذف بها الموجات إلى الساحل لا تموت، بل سرعان ما تستعيد قابليتها على الإشعاع. وإذا كانت كميتها كبيرة، فإن الشخص الذي يمشي على السّاحل يترك خلفه سلسلة من الآثار المتوهّجة، هي في الحقيقة ردّ فعل **البيردينيات** على هذا الإزعاج المفاجئ.

وعادة ما تكون **الحيوانات الضخمة** عاجزة عن توليد مادة **اللوسيفرين،** إلاّ أنّها تُضيء كونها تقدّم للأجسام الحيّة الميكروسكوبية كافة الظروف الملائمة للعيش على أجسادها، حيث تردّ هذه الكائنات الدقيقة الجميل على مضيفيها بحزمة ضوء زاهية.

وهذه **الكائنات الدقيقة** التي تتشبث أحياناً بريش بعض الطيور، هي التي تخلق ما يسمى **بطيور النور الأسطورية** التي تتكلّم عنها القصص الشعبية. وغالباً ما تعيش هذه الطيور قريباً من الشواطئ، حيث تعلق بريشها وعلى أجسامها هذه الكائنات الدقيقة المضيئة. وأحياناً نرى **البُوم** الذي يعيش في فجوات أشجار قديمة ومجوّفة يتألّق في الليل كطائر النور بسبب تلوّثه ببعض أنواع **النباتات الفطرية المشعّة** (المنتجة للضوء).

وكما ذكرنا سابقاً، فالغالبية العظمى من الكائنات الحيّة المضيئة تعيش في البحار والمحيطات، طبعاً بالإضافة إلى الكائنات الضوئيّة البريّة التي تتركّز أساساً في مجتمع **الحشرات** والتي تستخدمها استخدامات مختلفة سنأتي على ذكرها لاحقاً.

وتكثُر الكائنات البحرية الضوئيّة بشكل خاصّ في الأماكن العميقة. وهذا أمر واضح، ففي ظلمة تلك الأعماق لا يمكن أن يصل نور الشمس، لذا لا بدّ لها من وسائل تهتدي بها في ظلمتها الأبدية. فالكائنات الصغيرة تشعّ النور من كل أنحاء جسمها، أما الكائنات الأكبر حجماً، فإنها تتمتّع بأجهزة إضاءة خاصّة. وأفضل تلك

الأجهزة وأكثرها تطوّراً، هي تلك التي تتمتّع بها بعض أنواع **الرخويّات** ذات الرؤوس القدمية (الرأسقدميات) **والأسماك البحريّة**.

هناك بعض الأسماك التي لا يزيد طول السمكة عن 25 - 35 سم، تعيش بالقرب من سواحل القارة الأمريكية في أسراب، والتي عادة تثير الاهتمام خلال فترة تناسلها، وقد أُطلق عليها اسم **مايتمان** Mate man (ضابط بحري في سفينة تجارية)، وذلك لما تتمتّع به من ألوان فريدة ونقاط مضيئة موزّعة على هيئة صفوف منتظمة، كما تتوزّع الأزرار اللمّاعة في بدلة ضابط البحريّة.

ومصابيح سمكة **المايتمان** والتي يصل عددها إلى قرابة الثلاثمائة، مصمّمة بشكل معقّد للغاية. وتظهر السمكة كأنّها عبارة عن مجموعة حيّة من المصابيح الزاهية الألوان.

من المعتقد أنّ الأعضاء الضوئية اشتُقّت في الأصل من الجسم الدهني، أي أنّ العضو الضوئي هو بمثابة جسم دهني متخصّص. ومما يؤيّد ذلك، أنّ عضو الضوء في **الحشرة الكاملة** في Lampyris لا بدّ أن يكون قد نتج من تحوُّر الجسم الدهني الذي كان موجوداً في اليرقة. وفي **الحشرات**، تكون الخلايا المضيئة مملوءة بحبيبات متجانسة تشبه الكائنات الدقيقة.

ففي **ذَكَر** photinus، تكون الحبيبات كُروية تشبه بكتريا cocci، وفي **الأُنثى** تكون على شكل عصي تشبه بكتريا Bacilli. وإذا نُزع عضو الضوء من **يرقة** photuris، تفقد العذراء القدرة على إصدار الضوء، بينما يظهر في الحشرة الكاملة عضو إضاءة جديد.

وفي الحقيقة، فإن **قناديل الليل المضيئة** تتعايش بفضل هذه الخاصيّة مع حيوانات **سوطية دقيقة** أخرى تسمى **الكريبتومونادات**، حيث يحتوي جسمها على مادة الكلوروفيل. وتستطيع هذه الكائنات الدقيقة، مثلها مثل النباتات الخضراء،

امتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون من الوسط المحيط بغية تكوين مادة النشاء، بيد أنّ عملية التمثيل الضوئي لا تحدث إلا بوجود الضوء.

لذلك فإن **الكريبتومونادات** باستغلالها للأشعة الضوئية التي تشعّها أجسام قناديل الليل، وللكميّة الكبيرة من غاز ثاني أكسيد الكربون التي تحويها أجسام تلك الحيوانات، نراها تقوم بتوليد مادّة النشاء في الليل.

أما بالنسبة لقناديل الليل، فإنّها تجني بدورها فائدة من العيش المشترك مع الكريبتومونادات. فالأخيرة تساعدها على التخلص من غاز ثاني أكسيد الكربون المضرّ لها، وتمدّها بدلاً منه بغاز الأوكسجين الذي يتكون أثناء عملية التمثيل الضوئي.

أعضاء الإضاءة وتركيبها

تتّخذ أعضاء الإضاءة عند الكائنات الحيّة المضيئة ثلاثة أشكال هي:

أوّلاً: مصابيح وجيوب ضوئيّة

تتوزّع في مناطق مختلفة من الجسم، وتكون غالباً في الأسفل وعلى الجوانب وقرب الرأس. وتُشاهَد هذه الأعضاء عند أنواع من **الجمبري** التي تعيش في الأعماق وأنواع من **أسماك الأعماق والأخطبوطات**. ويكون شكل المصباح الضوئي في أتمّ صورة له مثل عين بسيطة، فهو مكوّن من نسيج مولّد للضوء يقابل شبكية العين، ويتّصل هذا النسيج بنهايات عصبيّة.

ويتكوّن المصباح أيضاً من عدسة مكثِّفة للضوء، وطبقة شفّافة تشبه القرنيّة تغطّي العدسة، وفي الأنواع دائمة الإضاءة، يوجد للأسماك ثنيّات جلديّة قُرب المصابيح تغطّيها السمكة إراديّاً. وفي أنواع أخرى، تكون الإضاءة إراديّة أي تستطيع السمكة أن تضيء أو تطفئ المصباح حسبما تشاء. ويُعتقد أنّ الإضاءة الناتجة من تفاعل **اللوسيفرين** مع الأوكسجين في هذه المصابيح، تتمّ بتحريض عصبيّ تصل إلى النسيج المولّد للإضاءة. وقد تكون إراديّة أو ردّاً على مؤثّرات

خارجية وانفعالية مزعجة، وفي بعض الأحيان تكون المصابيح مزوّدة بطبقات عاكسة للضوء، حيث توجّهه باتجاه العدسة لتكثيفه وجعله أكثر فعّالية.

ثانياً: السُّحب المضيئة

تُطلق بعض الكائنات في الأعماق مثل **الأخطبوط والحبّار** وأنواع من **الأسماك** سُحُباً مضيئة في المياه العميقة المظلمة. ويبدو أنّ هذه العملية تُستخدم كوسيلة للدفاع عن النفس والتخفّي.

ثالثاً: أماكن احتضان البكتريا

تحتضن بعض **كائنات الأعماق** ومنها **الأسماك** أنواعاً من البكتريا المضيئة في أماكن خاصّة، غالباً ما تكون أسفل وقرب العينين والرأس، فتُشعّ هذه البكتريا الضوء في بُقَعٍ محدّدة. ولبعض الأسماك ثنيّات جلدية تستطيع تغطية البكتريا المضيئة عند الحاجة كالاستخفاء مثلاً.

ويبدو التعايش واضحاً بشكل جليّ، فالبكتريا المضيئة من الأنواع المعنيّة بهذا الحديث، لا تستطيع أن تعيش في الماء رُميَّة، وتعتمد على الغذاء المقدّم لها من جسم السمكة، وفي المقابل تؤمّن للسمكة خدمات بشكل مقصود أو غير مقصود، بما تُنتجه من إضاءة دائمة مستمرّة ليلاً ونهاراً تتحكّم فيها بعض الأسماك بثنيّات جلديّة.

بالإضافة إلى هذه الأشكال من أعضاء الإضاءة، توجد أشكال أخرى لها وظائف مختلفة، منها كتل مُضيئة تلعب دور **الطُّعوم** وتوجد في تجويف الفم لبعض **الأسماك**، أو **شِفاه مضيئة** كبعض **معائيات الجوف** من **الميدوسات** أو **أذرع مُضيئة** كما في **نُجوم البحر** التي تعيش في الأعماق، أو **بُقع مضيئة** في بعض **الحشرات**، مثل بعض أنواع **الخنافس**، أو **بُقع موزّعة** على جسم **الديدان واليرقات**.

وقد بيّنت المشاهدات والملاحظات، أنّ الإضاءة الحيويّة تلعب عدّة أدوار بالنسبة للكائنات التي تُصدرها والتي يمكن إجمالها فيما يلي:

1 ـ نداء للجنس وحفظ النوع

2 ـ للهجرة الجماعية

3 ـ للحصول على الغذاء

4 ـ وسيلة للدفاع والتخفيّ وردّ فعل على مؤثّرات خارجيّة.

5 ـ نشاط حيوي ذاتي

وسنتطرّق بإيجاز مع الأمثلة لهذه الأدوار، ونُشير إلى أنّ تقسيم الأدوار لسهولة البحث لا ينطبق على أرض الواقع، فبعض الكائنات المضيئة تستخدم الإضاءة لعدّة أغراض، ونأخذ في هذه الحالة الغرض الرئيس منها.

الإضاءة الحيوية نداء للجنس وحفظ النوع

تُصدِر إناث الذباب المسمّى **لامبيريس** Lampyris ضوءاً من طرفها الخلفي وهي واقفة على غصن شجرة أو ورقة، وتكون مدّة هذا الإصدار محدّدة وتختلف من نوع إلى آخر، وذلك حتى لا تضلّ الذُكور طريقها فتقع لقمة سائغة في فم إناث نوع آخر. ولتفادي الوقوع في مثل هذه الأخطاء الرهيبة، اضطّرت **أسرجة الليل** إلى اختيار نظام إشارات معقّد للغاية.

فالذُّكور التي تحلّق في الليل ترسل في الظلام إشارات نداء، تكون بمثابة وَمْضَات إيقاعيّة. وبمجرّد أن تلاحظ الأنثى الجالسة على الأرض أو المتشبّثة بالأغصان، مثل تلك الومضات، فإنّها تردّ عليها باستجابة. وإذا ما أخطأت الأنثى وراحت ترسل إجابتها قبل الوقت اللازم أو بعده بقليل، فإنّ ذلك قد يوقع الذَكَر في خطأ ويكلّفه حياته.

أما **أسرجة الليل** التي تعيش في أدغال جنوب شرق آسيا، فإنّها لا تحلّق كالمجانين في عتمة الليل بحثاً عن فتاة طائشة. فترى الذكور تجلس مجتمعة على الأغصان وتُرسل بأجمعها، مهما كان عددها كبيراً، إشارة ضوئية واحدة تتألّق في الظلام على شكل ومضات إيقاعيّة، فتبدو الأشجار وكأنّها تشتعل.

وحينذاك، لن يبقى على الإناث إلاّ البحث بتلهّف عن مجموعة الذُكور التي تجلس بانتظارها. واستناداً إلى تردّد الومضات، تستطيع الإناث التمييز ما بين ذكورها وذكور الأنواع الأخرى. وبعد ذلك، تقوم كلّ أنثى باختيار الذكر الذي تودّ مغازلته ومداعبته.

تعيش في الولايات المتحدة **خنافس النار** الصغيرة الحجم، وتعيش أنواع أخرى أكبر حجماً في المناطق الاستوائية ذات اللون البني الغامق. تقوم إناث هذه الحشرات بإصدار ضوء أخضر جميل، بينما تُصدر الذُكور ضوءاً أبيض زاهياً. وتستطيع هذه الخنافس التحكّم في الضوء وتردّده حسب الرغبة أو الهدف من الاستخدام. وتلعب هذه الإضاءة دوراً هاماً في الجنس.

وقُرْب جزيرة برمودا تُشاهد **الديدان المضيئة أو النارية** Fire Worms أو **ديدان النار**، وهي تهاجر من الأعماق في جماعات عندما يحين موعد التكاثر، فتبدأ الإناث بالهجرة بشكل مائل نحو السطح كأنها تصعد جبلاً مُصدرة الضوء أثناء ذلك في منظر بديع. أما الذُكور فإنّها تقفز كالسهام المضيئة على سطح الماء، حيث تلتقي بالإناث وتتمّ عمليّة التلقيح.

الإضاءة الحيوية ودورها في التغذية

يبدو دور الإضاءة الحيويّة في التغذية واضحاً في كثير من الكائنات المضيئة وخاصّة أسماك الأعماق، كما سنرى من الأمثلة التالية. ففي أجناس من معائيات الجوف مثل **الميدوسات** من جنس **بيلاجيا** الذي يُصدر أفراده الضوء الأبيض، وجنس **سيانا أرتيكا** الذي يُصدر أفراده الضوء الأخضر الخافت، والذي يبلغ قطر مظلّته نحو ثلاثة أمتار، وله لوامس يصل طولها إلى نحو الثلاثين متراً. وأيّ كائن بحري فضولي تسمح له نفسه بالاقتراب، سيكون عُرضة للأسر بواسطة هذه اللوامس الطويلة، ثم يُقدّم إلى الفم الواسع.

كما تلعب الإضاءة التي تُصدرها **نجوم البحر** دوراً في جذب الكائنات الحية الأخرى إليها، لتقوم بالتغذي عليها. وتتمتع الأسماك من نوع **أبو الشصّ** بتجهيزات صيد رائعة جداً، إذ يصل طول أحد أشعّة الزعنفة الظهرية إلى حد كبير، كما أنّه لا يكون متّجهاً إلى الخلف كبقية الأشعّة، بل إلى الأمام.

وبهذه الصنّارة العجيبة التي تطلّ على فم الوحش مباشرة، يظهر الطُعم الذي هو عبارة عن كتلة لحمية كُمَثريّة الشكل تصدر ألواناً ساطعة. وعندما تقترب الفريسة لابتلاع هذا الطعم ظنّاً منها أنها سمكة صغيرة أو (روبيان)، تجد نفسها لقمة سائغة في فم هذه السمكة الرهيبة.

وهناك نوع آخر من السمك يسمى **بالسمك ذي السنّارات،** له شباك على هيئة مصباح مضيء في أعلى الفم مباشرة، وهذا المصباح معلّق بخيط يطول ويقصُر. وعندما تريد السمكة الاغتذاء، تقوم بفتح فمها، فيضيء المصباح الذي تتّجه نحوه الفرائس الفضولية، فتقع ضحيّة هذه المفترسات.

ولبعض الأسماك استطالات ذات أشكال وأحجام مختلفة، تصدر الضوء كوسيلة لاجتذاب الفرائس، وهي شائعة جدّاً عند أسماك الأعماق. كما أنّ لبعض الأسماك مصابيح قرب العين يبدو أنها تفيدها في التغذية.

الإضاءة الحيوية مُرشِد للجماعة

تلعب الإضاءة الحيوية عند بعض الكائنات المضيئة دوراً هاماً في الهجرة، فهناك أنواع من **الأخطبوط** تعيش قرب الجزر اليابانية، تطفو كل سنة مرّة واحدة بشكل جماعي، مسترشدة بالضوء المنبعث من الأذرع وهي تسير في اتّجاه واحد.

وقد شاهد (وليم بيب)، أحد روّاد غزو أعماق البحار عام 1934 وعلى عمق 1500 متر، جماعات من الأسماك تهاجر مع بعضها، وهي مسترشدة بالضوء الصادر من كل فرد. وقد أثار انتباه هذا العالِم وجود مسافات ثابتة تقريباً بين كل

سمكة وأخرى تقدّر بـ 5 أمتار. وقد علّل (بيب) ذلك، بأنّ هذا هو الحد الأقصى لرؤية الضوء من قبل عين السمك من هذا النوع.

وتهاجر بعض **القشريات** بشكل جماعي من الأسفل إلى الأعلى ليلاً، ومن الأعلى إلى الأسفل نهاراً. فالقشريات المعروفة باسم **كريل** Krill تهاجر رأسياً، وتبدو على شكل طبقات مضيئة. فالطبقة العلوية ترتفع أوّلاً، ثم تتبعها الثانية، فالثالثة، بحيث تبقى المسافة بين كل طبقة وأخرى ثابتة دائماً.

كما أن **الأسماك المصباحيّة** Lantern Fishes تهاجر بنفس الطريقة. وبعض **الديدان** تهاجر بشكل جماعات باتجاه السطح. وهناك بعض **الديدان** تهاجر بشكل جماعات باتجاه السطح، بدءاً من أعماق معيّنة مسترشدة بضوئها كي لا تضلّ الطريق نحو الهدف، وهو المكان الملائم للتلقيح.

ولم يتم تحديد دور الضوء في الهجرة بدقة، فهناك أنواع من الأسماك تهاجر ولا تُصدر الضوء، وهي تسير في جماعات بحاسّة اتجاه لا تزال مجهولة. لكن لا بدّ من الاعتراف أنّ للضوء دوراً هاماً في الهجرة، وتحديد الاتّجاه بالنسبة للأفراد من نفس النوع، خصوصاً تلك الكائنات التي تعيش في الظلمات.

الإضاءة الحيوية وسيلة للدفاع والتخفي وردّ فعل على المؤثرات الخارجية

آ ـ وسيلة للدفاع والتخفي

تعيش **الحبّارات المضيئة** في أعماق المحيطات، وهي تستخدم الضوء في الدفاع عن نفسها، في حال إحساسها بأنها معرّضة للخطر أو للهجوم من قبل كائنات مفترسة، حيث تقوم بِقَذف سحابة مضيئة شبيهة بها أشدّ الشبه من حيث الشكل والقياس.

وكثيراً ما يقع العدو المهاجم في شرك هذه الخدعة، فتراه ينقضّ على الشبح الوهمي ويدخل معه في معركة حامية الوطيس، تاركاً المجال **للحبّار** كي يهرب

ويختفي في الظلام. وعلى غرار الحبّار، تقوم **السرطانات البحريّة الصغيرة** بإفراز سحابة ضوئية في حالة الخطر، حيث تقع بالقرب من الفم لدى أنواع **الروبيان** (الجمبري) التي تعيش في المناطق العميقة من البحار والمحيطات، غُدد خاصة تقوم بعملية الإفراز.

ولدى تعرّض سرب **الروبيان** لهجوم مفاجئ، يقوم فوراً بتوليد (سِتار ناري) يحجبه عن العدوّ، وهذا السِتار يتكوّن من عدد كبير جداً من البُقَع الضوئيّة المبعثرة هنا وهناك.

ومن الظواهر الغريبة التي يمكن أن نشاهدها، وجود عدد كبير من الحيوانات لا تتوهّج أبداً، إلاّ في حالة وقوعها بين أنياب وحش غادر ما. والقابلية على التوهّج في مثل هذه الحالة، تعتبر هي الأخرى وسيلة من وسائل الدفاع عن النفس.

فالوحش الذي يرى في فمه شيئاً يتوهّج كشعلة من نار، لا بدّ وأن يشعر بالذّعر ويلوذ بالفرار بعد أن يقذف بكلّ ما في فمه من (نيران كاذبة)، أو أنّه يفتح فمه كوسيلة لإبداء تعجّبه واستغرابه مما يحدث، فلا يكون من الفريسة الضعيفة إلاّ أن تغتنم الفرصة وتلوذ بالفرار.

وكما نرى عند بعض الكائنات البريّة من وسائل دفاع سلبية، كأن تتخلّى عن بعض أجزاء جسدها التي يمكنها توليد (تعويض) غيرها لاحقاً مثل **الضبّ**. نرى هذه الظاهرة عند الكائنات البحرية المضيئة. فهناك أنواع من **الديدان** تتبع وسائل مَكْر وخداع مدهشة للغاية. فإذا ما تمّ قطع دودة ما من تلك الأنواع إلى شطرين، فإنّ الشطر الخلفي وحده يبدأ بالتوهّج، أمّا الشطر الأمامي فلا يتمتع بمثل هذه القابليّة.

وقد لاحظ (وليم بيب)، أحد روّاد دراسة أعماق البحار، والذي ذكرناه سابقاً، خلال غوصه في إحدى المناطق العميقة، دودة تشعّ ضوءاً ضعيفاً. ومن خلال فتحة مركبة الغوص رأى (بيب) بأمّ عينه هذه الدودة المرحة التي لم يتمكّن من

تحديد أصلها وفصلها، قد شُطِرت إلى نصفين، وسرعان ما توهّج النصف الخلفي كشعلة ساطعة ابتلعها الوحش فوراً.

أمّا النصف الثاني، فقد اتّبع أسلوباً يختلف تماماً عن أسلوب نظيره، إذ أنّه أطفأ أنواره فوراً واختفى في نفس اللحظة في عتمة ظلام البحر الدامس. وغالبية **الديدان البحرية** تتمتّع بقابلية إعادة ما فقده جسمها من أجزاء.

وليس من المستبعد أبداً أن تكون هناك وسائل أخرى لاستخدام النور الحيّ في مجال الدفاع عن النفس، وتفادي سطو الأعداء وغدرهم. ومن المحتمل أن يكون هناك نظام تأشير ضوئي. فالومضة الساطعة التي يطلقها **السرطان الصغير** حين يجد نفسه بين أنياب السردين، ليست سوى إشارة إنذار بالخطر. وحشد **السرطانات** التي أذعرها هجوم السمك، يبدأ بإشعاع نور ساطع يُنذِر به رفاقه بأنّ العدوّ قريب منهم.

ب ـ ردّ فعل على المؤثرات الخارجية

تُصدر بعض الكائنات المضيئة الضوء بعد إثارتها بعوامل مختلفة حسب نوعها، **فوحيدات الخلية نوكتيليوكا** Noctiluca، تُصدر الضوء عندما تتطاير مع الرذاذ قرب الشاطئ نتيجة تعرّضها لعوامل مزعجة، حيث انتقلت من البيئة المائية التي تعيش فيها إلى بيئة مختلفة.

وتُصدِر بعض **الديدان الجلدية** الإضاءة عند وقع الأقدام عليها، ويقول أحد المراقبين أنّه قد مرّ هو ورفاقه في أيّام طفولته، بقوّة وسرعة على أرض موحلة في منطقة ريفية، فاكتشف بالصّدفة إضاءة فوسفورية مستمرة في مكان المرور. وفي اليوم التالي ذهب لاستقصاء ما حدث، فلم يرَ سوى بقايا **ديدان** مقتولة وممزّقة. فاستنتج أن هذه الإضاءة ناتجة عن ردّ فعل الديدان لمؤثّر الضغط والألم.

وهناك أنواع من **الهلاميات المشطيّة والميدوسات وقناديل البحر**، تُصدِر الضوء أثناء اصطدام مجداف بها أو مؤثّر خارجي آخر. كما أنّ ثاقب الصخور من

ذوات المصراعين المعروف بـ **فولاس** Pholas، يُصدِر الضوء نتيجة شعوره بالانزعاج.

الإضاءة الحيوية نشاط حيوي ذاتي

إن الإضاءة البيولوجية (الحيوية) عند **الأسماك** وأنواع من **الجمبري والأخطبوط والحبّار** في الأعماق، لها معنى يمكن تحديده من ملاحظة سلوك هذه الأحياء أثناء التغذي والهجرة والصراع. غير أنّ بعض الكائنات المضيئة لا يظهر فيها الضوء كعامل موجّه أو مغذّ أو دافع للجنس كبعض أنواع **الأسماك** ومعظم **البكتريا المضيئة**.

فالسمكة المعروفة بـ **بطّة بومباي** Harpadon تعيش في الأعماق، وعند انتزاعها من الماء وحتى بعد موتها، يبقى جسمها يشعّ لوناً فوسفورياً، مما يدلّ على أنّ إنتاج الضوء عند هذه السمكة نتيجة نشاط حيوي ذاتي.

كما أنّ الأعضاء المضيئة **للسمكة** المعروفة باسم Photo Blepharon، تبقى مشعّة حتى بعد انتزاعها من الجسم، وهذا يبرهن على أنّ الضوء الناتج في هذه الأسماك ناتج من تفاعل كيميائي يحدث في خلايا تلك الأنسجة المخصصّة لإنتاج الضوء.

ولا نشكّ في كون الإضاءة الحيوية ناتجاً ثانوياً للتفاعلات الكيميائية في **البكتريا المضيئة**، إذ أنّ هذا النوع من الأحياء الدقيقة ليس لها أعين لتُبصِر بها ولا أعضاء حواسّ أخرى. كلّ ما في الأمر أنّها تستجيب بردود أفعال على مؤثّرات خارجية كالكهرباء، والحرارة، والبرودة، والحموضة، والمواد الكيميائية الأخرى.

ولا تحسّ العين البشرية بالإضاءة الصادرة عن **وحيدات الخلية**، لضآلة كميّة الإشعاع الصادر منها. وقد قدّر العلماء أنّ ألف بكتريا مجتمعة، تنتج ضوءاً يمكن مشاهدته بالعين المجردة، كما يمكن مشاهدة الإضاءة الصادرة من بكتريا واحدة عن طريق المجهر العالي التكبير.

وعندما غاص العالم الأمريكي زوبل Zobel من جامعة كاليفورنيا بالسفينة جالايتا عام 1953، اصطاد من الأعماق أنواعاً من البكتريا المضيئة، تعيش تحت ضغط مائيّ يقدّر بـ 800 ضغط جويّ وحرارة من 2 - 3 درجات مئوية فقط. وقد استطاع هذا العالِم الاحتفاظ بهذه البكتريا بعد إخراجها ووضعها في نفس الشروط.

الإضاءة الحيوية والإنسان

لقد أثارت البكتريا المضيئة أفكاراً وتساؤلات تقترب من الخيال في حالات كثيرة. فقد سمعنا أنّ بعض الناس أضاءت جروح أيديهم، وأنّ بعض اللحوم المتروكة في الغرفة عند القصّابين كانت تشعّ الضوء في اليوم التالي. ولا يمكن تصوّر آثار هذه الأحداث في مجتمع لا يؤمن بالعلم والبحث العلمي، وتنتشر الإشاعات بين أفراده.

والتساؤل الذي لا بدّ من طرحه في النهاية، هل حاول الإنسان الاستفادة من هذه الظاهرة الطبيعية؟

تجدر الإشارة إلى أنّ هناك نوعاً من **الفطر** ينبت في أدغال البرازيل، حيث تضيء الجهة السفلية من قبّعة الفطر. ومنذ زمن طويل وسكّان تلك المناطق يستخدمون هذه الأنواع من الفطر، بمثابة دليل مضيء ينير لهم الطريق في الليل.

وعلى الرغم من أنّ نور هذه القناديل ليس بمثل تلك الدرجة العالية من السطوع، إلاّ أنّه يكفي لجعل المرء يرى في الظلام ما يقع تحت أقدامه، كي لا يتعثّر ويسقط.

وكان الجيش الياباني إبّان الحرب يستخدم **السرطانات البحرية المضيئة** بمثابة فوانيس إنارة. وكان كلّ ضابط يحمل في يده علبة مليئة بمثل هذه السرطانات، التي تفقد قابليّتها الإشعاعيّة حين تكون جافّة، بَيْدَ أنّها سرعان ما تعود لتصبح فوانيس ساطعة بمجرّد تبليلها بالماء.

ومن الممكن استخدام الأجسام المضيئة في الإنارة المنزلية أيضاً. ولتحقيق ذلك، تمّ اختراع مصابيح بكتيرية خاصّة ذات تصميم بسيط للغاية. فمثل هذا المصباح لا يعدو عن كونه حوجلة زجاجية مليئة بماء بحر تعيش فيه مثل تلك البكتريا المضيئة. ولكن يا تُرى، ما هي شدّة الضوء الذي تشعّه كل بكتريا أو آلاف البكتريا معاً؟

إنّ الضوء الذي تشعّه كل بكتريا هو ضعيف إلى أقصى حدّ (كما ذكرنا سابقاً). ولكي يكون بوسع مثل هذا المصباح أن يشعّ ضوءاً شدّته شمعة واحدة، فلا بدّ أن يحتوي على عدد من البكتريا يصل إلى خمسمائة تريليون جسيم دقيق.

وقد استُخدمت مثل هذه المصابيح عام 1935 لإنارة قاعة الاجتماعات في معهد الأوقيانوغرافيا (علم دراسة المحيطات) في باريس، عند انعقاد المؤتمر العالمي في هذا المجال.

المراجع المعتمدة

المقالات:

1. **النمل**، مجلة الهدف 2000، السنة الأولى، العدد 1، ص 3.
2. **سلوك الحيوان**، مجلة الهدف 2000، السنة الأولى، العدد 2، ص 27.
3. **التكاثر في النباتات**، مجلة الهدف 2000، السنة الأولى، العدد 9، ص 162.
4. **عيش الغراب**، مجلة الهدف 2000، السنة الأولى، العدد 9، ص 164.
5. **مذبحة الحيوان**، مجلة الهدف 2000، السنة الأولى، العدد 15، ص 290.
6. **السلاحف**، مجلة الهدف 2000، السنة الأولى، العدد 16، ص 315.
7. **حيوان الصحراء**، مجلة الهدف 2000، السنة الأولى، العدد 17، ص 322.
8. **النباتات، حياتها ووسائلها الدفاعية**، مجلة الهدف 2000، السنة الأولى، العدد 17، ص 332.
9. **القط**، مجلة الهدف 2000، السنة الأولى، العدد 17، ص 335.
10. **الطيور الجوارح النهارية**، مجلة الهدف 2000، السنة الأولى، العدد 17، ص 342.
11. **عالم الطيور**، مجلة الهدف 2000، السنة الأولى، العدد 24، ص 474.
12. **الدولفين**، مجلة الهدف 2000، السنة الأولى، العدد 30، ص 585.
13. **عالم الحيوان**، مجلة الهدف 2000، السنة الأولى، العدد 31، ص 613.
14. **حياة العقارب**، مجلة الهدف 2000، السنة الأولى، العدد 32، ص 632.
15. **القِرَدة**، مجلة الهدف 2000، السنة الأولى، العدد 39، ص 777.
16. **حصاد المحيطات**، مجلة الهدف 2000، السنة الأولى، العدد 40، ص 782.
17. **الفيل**، مجلة الهدف 2000، السنة الأولى، العدد 40، ص 789.
18. **الفراشات**، مجلة الهدف 2000، السنة الأولى، العدد 44، ص 862.
19. **هجرات الحيوان**، مجلة الهدف 2000، السنة الأولى، العدد 48، ص 942.
20. **التمساح**، مجلة الهدف 2000، السنة الأولى، العدد 49، ص 969.
21. **التمويه والتكيف**، مجلة الهدف 2000، السنة الثانية، العدد 61، ص 1215.
22. **نباتات الصحارى**، مجلة الهدف 2000، السنة الثانية، العدد 65، ص 1283.
23. **مجتمعات الحشرات**، مجلة الهدف 2000، السنة الثانية، العدد 66، ص 1306.
24. **الإسفنج والمرجان والميدوسا**، مجلة الهدف 2000، السنة الثانية، العدد 75، ص 1482.
25. **وسائل الاتصال لدى الحيوانات**، مجلة الهدف 2000، السنة الثانية، العدد 80، ص 1582.
26. **تصنيف الأنواع**، مجلة الهدف 2000، السنة الثانية، العدد 80، ص 1593.
27. **الزهرة وتكاثرها**، مجلة الهدف 2000، السنة الثانية، العدد 82، ص 1623.
28. **الحيوانات آكلة اللحوم**، مجلة الهدف 2000، السنة الثانية، العدد 82، ص 1638.
29. **آكلة الحشرات والخفاشيات**، مجلة الهدف 2000، السنة الثانية، العدد 91، ص 1808.
30. **تكاثر الطيور**، مجلة الهدف 2000، السنة الثانية، العدد 94، ص 1864.
31. **الأسلحة الدفاعية والهجومية**، مجلة الفيصل، عبد الرحمن حريتاني، العدد 62، ص 191.
32. **نباتات تأكل لحوم الحشرات**، مجلة الفيصل، محمد أدهم السيد، العدد 72، ص 101.
33. **الحمام له قدرات عقلية وذكاء**، مجلة الفيصل، اكتشافات علمية، العدد 97، ص 100.
34. **أصغر الزواحف.. أكثرها ضجة**، مجلة الفيصل، عبد الرحمن حريتاني، العدد 97، ص 104.
35. **نسيج العنكبوت لتخدير الطيور والثدييات**، مجلة الفيصل، العدد 82، ص 98.
36. **الثعبان ينشغل أكثر بالذنب المتقلب سريع الحركة**، مجلة الفيصل، العدد 84، ص 110.
37. **السلحفاة البحرية**، مجلة الفيصل، د. كارم السيد غنيم، العدد 247، ص 84-90، 1997.
38. **حديث عن الخفافيش**، مجلة الجيل، د. محمد الطوبي، 1990، ص 81.

39. **ظباء وغزلان**، مجلة الجيل، د. محمد الطوبي، أيلول 1991، ص 36.
40. **نباتات كالحيوانات تفترس**، مجلة الجيل، د. محمد الطوبي، 1990، ص 73.
41. **الطيور المرشدة**، مجلة الجيل، د. محمد الطوبي، 1991، ص 69.
42. **الحب في مملكة الحيوان**، مجلة الجيل، د. محمد الطوبي، 1991، ص 73.
43. **الكمون الموسمي**، مجلة الجيل، د. محمد الطوبي، 1991، ص 66.
44. **الكائنات السامة في البحار**، مجلة الدوحة، أحمد محمد الغندور، 1983، ص 64.
45. **الكنوز الحية في المياه القطرية**، مجلة الدوحة، ابراهيم فؤاد أحمد، 1982، ص 52.
46. **حقيبة بها وديعة**، مجلة الدوحة، اكتشافات علمية، شباط 1982، ص 60.
47. **تعلموا عشق السمك المفترس**، مجلة الدوحة، مجدي نصيف، 1982، ص 82.
48. **وما الحياة إلاّ آكل ومأكول**، مجلة الدوحة، د. عبد المحسن صالح، 1982، ص 78.
49. **الحياة والموت في بحر ملوّن**، مجلة الدوحة، صنع الله ابراهيم، 1982، ص 52.
50. **أسرار عالم الثعابين**، مجلة الدوحة، د. محمد الغباشي ربيع، 1982، ص 92.
51. **العشرة الزوجية بعالم الطيور والحيوان**، مجلة الدوحة، د.عز الدين فراج، 1982، ص 98
52. **المهرّج يبتلع صديق العمر**، مجلة الدوحة، صنع الله ابراهيم، 1982، ص 104.
53. **نعم حشرات.. لكنها حسناوات**، مجلة الدوحة، د. عبد المحسن صالح، 1981، ص 122.
54. **الحياة والموت في بحر ملوّن**، مجلة الدوحة، صنع الله ابراهيم، 1981.
55. **الميكروبات**، مجلة الكويت، د. عاصم محمد علي، العدد 16.
56. **عندما تتحدث الطيور والحيوانات**، مجلة الكويت، عبد الرحمن حريتاني، العدد 11.
57. **السلوك العدواني عند الحيوان**، المجلة العربية، 1995، ص 68.
58. **القناديل المضيئة في أعماق البحار**، المجلة العربية، 1996، ص 71.
59. **جنة العصافير**، المجلة العربية، 1996، ص 40.
60. **رقص الحشرات**، المجلة العربية، 1992، ص 47.
61. **الرؤية بلا عيون**، المجلة العربية، ص 68، 1995.
62. **كشف جديد في عالم العنكبوت**، المجلة العربية، 1994، ص 73.
63. **لغز العصافير والغربان مع النمل والنيران**، مجلة العربي، د. عبد المحسن صالح،1981، العدد 268.
64. **شجرة عجيبة**، مجلة العربي.
65. **أجهزة للرصد والتصويب في عالم الحيوان**، مجلة العربي.
66. **الباراشوت / فكرة نباتية استخدمتها العناكب قبل الإنسان**، مجلة العربي.
67. **نباتات تأكل الحيوان**، مجلة العربي.
68. **الأزهار في عيون الحشرات**، مجلة العربي.
69. **الأشباح المضيئة في ظلمات البحار**، مجلة العربي.
70. **الوقواق / نموذج مثير للانتهازية والاستعمار**، مجلة العربي.
71. **معركة النباتات في الصحاري**، مجلة العربي.
72. **حديث النحل، هل استمعت إليه**، مجلة العربي.
73. **لغة التفاهم عند الحشرات**، مجلة العربي.
74. **هجرة أسماك السالمون إلى الموت**، مجلة العربي.
75. **الأسماك الملائكية تزيّن حدائق البحار**، مجلة العربي.
76. **كيف تمضي الحياة تحت الصفر**، مجلة العربي.
77. **الببغاء**، مجلة الكويت، 1994، العدد 132.
78. **هل السبات الشتوي نوم طويل**، مجلة الكويت، 1994، العدد 133.
79. **شجار لطيف**، مجلة الكويت، 1994، العدد 129.
80. **وطن المرجان محمية عالمية**، مجلة الكويت، 1994، العدد 127.
81. **خفافيش سمكية**، مجلة الكويت، 1994، العدد 127.

82. **الذيل عند الحيوان**، مجلة الكويت، 1994، العدد 130.
83. **هل ينام السمك**، مجلة الكويت، 1994، العدد 130.
84. **أسماك تستخدم الترانزيستور**، مجلة العربي، راسم كنعان، العدد 423، 1994.
85. **الخفافيش مخلوقات الليل**، مجلة العربي، ابراهيم العلو، العدد 427، 1994.
86. **كيف تجد الزنابير المتطفلة عوائلها**، مجلة العلوم، المجلد 10، العددان 10-1994/11.
87. **الضفادع الجرابية**، إ. م. ديل بينو، مجلة العلوم، المجلد 7، العدد 4، 1990، ص 26.
88. **إيقاعات داخلية لهجرة الطيور**، إ. كوينر، مجلة العلوم، المجلد 7، العدد 2، 1990، ص 24
89. **طيور الجنة**، بيهلر، مجلة العلوم، المجلد 8، العدد 3، 1992، ص 71.
90. **المحاكاة في النبات**، س. س. هـ. باريت، مجلة العلوم، المجلد 6، العدد 1، 1989.
91. **وسائل الدفاع الكيميائية عند النباتات الراقية**، ج. أ. روزنثال، مجلة العلوم، المجلد 4، العدد 3، 1988.
92. **جُلَيد الحيوانات مفصلية الأرجل** - ن. ف. هادلي - مجلة العلوم - المجلد 6 - العدد 7 - تموز 1989
93. **دور الإحساس لدى فقمة الموانئ**، د. رينوف، مجلة العلوم، المجلد 6، العدد 9، 1989.
94. **التعلّم بالغريزة**، ج. ل. كولد، ب. مارلر، مجلة العلوم، المجلد 6، العدد 12، 1989.
95. **الإضاءة الحيوية**، محمد الحامدي، مجلة الثقافة العربية، ص 123،ليبيا، بدون سنة النشر.
96. **حلقات من برنامج Survival Anglia Production** الذي كانت تعرضه محطة LBCI اللبنانية كل يوم جمعة الساعة 10.30 صباحاً.

الكتب العربية

1. **عالمنا الرائع في مغامرة الحياة**، وزارة الثقافة السورية، 1990.
2. **التطوّر والسلوك الحيواني**، بدون دار للنشر، بدون سنة النشر.
3. **المملكة النباتية**، إيان ترايب، معهد الإنماء العربي، 1979.
4. **فسيولوجيا الحشرات**، د. عبد الفتاح خليفة، مكتبة النهضة المصرية، القاهرة، 1986، جزءان.
5. **مقدمة في علم الأسماك والمصايد**، د. محمد أمين ابراهيم، جامعة قطر، كلية العلوم، 1994.
6. **النمل والنحل**، د. حسين فرج زين الدين، دار الفكر العربي، القاهرة، بدون سنة النشر.
7. **أسرار النوم**، الكسندر بوربلي، ترجمة د. أحمد سلامة، عالم المعرفة، العدد 163، 1992.
8. **سيكولوجية اللعب**، د.سوزانا ميلر، ترجمة د.حسن عيسى، عالم المعرفة، العدد120، 1992.
9. **لغة الكيمياء عند الكائنات الحية**، د. أحمد مدحت إسلام، عالم المعرفة، العدد 93، ،1985.
10. **كتاب الطيور**، مؤسسة لايف، بدون سنة للنشر.
11. **كتاب الحيوان**، المعرفة المصرية، بدون سنة للنشر.
12. **الممتع والطريف في علم وظائف الأعضاء**، ب. سرغييف، دار مير، موسكو، 1982.
13. **الميكروبات والإنسان**، د. جون بوستجيت، ترجمة د. عزت شعلان، عالم المعرفة، العدد 88.
14. **شخصية الحيوان**، هـ. متروفوكس، مكتبة نهضة مصر، القاهرة، 1946.
15. **الحشرات التركيب والوظيفة**، ر. ف. شابمان، الدار العربية للنشر والتوزيع، القاهرة،1986.
16. **الحشرات الطبية والبيطرية**، إبراهيم جعبوب، الهيئة المصرية للتأليف والنشر، 1971.
17. **غرائب في مملكة الحيوان**، د. صبري القباني، بيروت، الشركة الشرقية، 1946.
18. **طبيعة الكائنات الحية**، بروك ورث، القاهرة، مكتبة نهضة مصر، بدون سنة للنشر.
19. **علم الأحياء الدقيقة**، وليام بوين وآخرون، القاهرة، مكتبة النهضة المصرية، 1962.
20. **الطيور**، روبرت لمن، ترجمة د. مصطفى بدران، دار المعارف، مصر، 1962.
21. **دنيا الحشرات**، فرديناند لين، دار المعارف، مصر، ترجمة د. أحمد أبو النصر، 1962.
22. **موسوعة الطيور في العالم**، زوبا ميخائيلينكو، دار علاء الدين، دمشق، 1994.
23. **علم الأحياء الدقيقة**، د. ظريف العش، جامعة تشرين، اللاذقية، 1982.
24. **علم النبات العام**، د. رضا عثمان محمد، جامعة تشرين، اللاذقية، 1981.

25. **مبادئ البيولوجيا**، أرينا كاروزينا، دار مير، موسكو، 1982.
26. **الكائنات الحية / الحيوانات ـ النباتات ـ الإنسان** /، رينيه غويو، دمشق، 1982.
27. **الهجرات في عالم الحيوان**، فاركاس هينريك، جامعة حلب، سورية، 1990.
28. **موسوعة الطبيعة الميسّرة**، مكتبة لبنان، الطبعة الأولى، بيروت، 1985.
29. **مع الأسماك**، د. حسين فرج زين الدين، القاهرة، دار المعارف، 1947.
30. **دراسات في علم الحيوان وروّاد التاريخ الطبيعي**، حسين فرج زين الدين / رمسيس لطيف، القاهرة، دار الفكر العربي.
31. **الراهبة المتوحشة**،عباس إبراهيم حسن، القاهرة، لجنة البيان العربي.
32. **الجانب الإنساني عند الحيوان**، فانس باكارد، ترجمة سعد غزال، القاهرة، دار الفكر العربي.



تعريف بالمؤلّف:

- يحمل شهادة الإجازة في العلوم الزراعية، جامعة تشرين، اللاذقية، ١٩٨٤.
- يحمل شهادة الدكتوراه في الاقتصاد الزراعي، كلية العلوم الاقتصادية جامعة بخارست، ٢٠١٠.
- يحمل شهادة الدكتوراه في العلوم الزراعية، كلية الزراعة والإدارة والهندسة الريفية، جامعة بخارست، ٢٠١٠.
- اتّبع الكثير من الدورات التخصّصية داخل القطر وخارجه.
- مثّل سورية في العديد من المؤتمرات العلمية المحلّية والدولية.
- أنتج العديد من الدراسات والمقالات التخصّصية والثقافية، ونَشَر بعضها في مجلّات "الوحدة"، "الناقد"، "الموقف العربي"، وكذلك في بعض المواقع الإلكترونية المتخصّصة والعامّة.